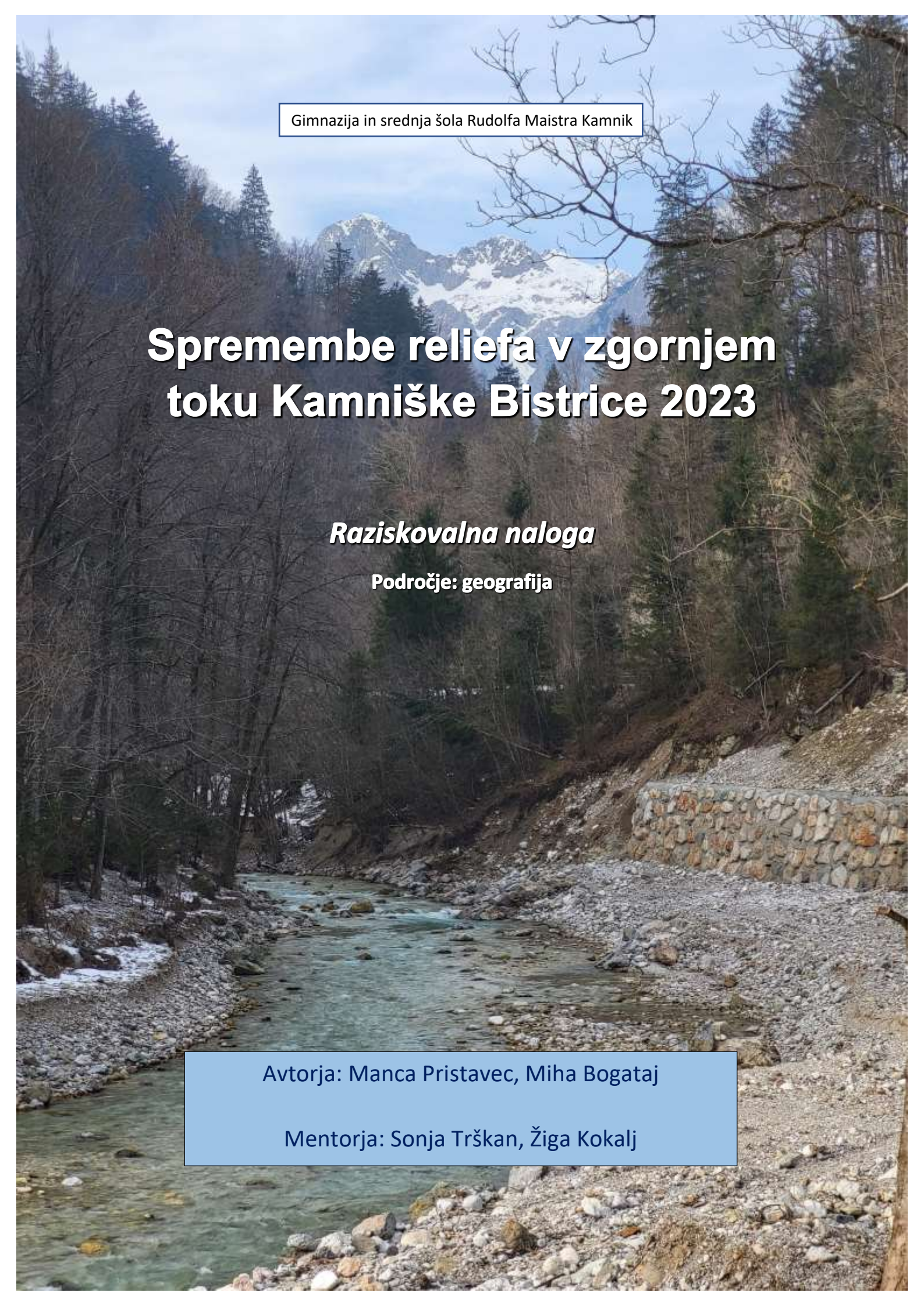




Gimnazija in srednja šola Rudolfa Maistra Kamnik

Spremembe reliefa v zgornjem toku Kamniške Bistrice 2023

Raziskovalna naloga

Področje: geografija

Avtorja: Manca Pristavec, Miha Bogataj

Mentorja: Sonja Trškan, Žiga Kokalj

Podatki o raziskovalni nalogi:

Šola

Gimnazija in srednja šola Rudolfa Maistra Kamnik
Novi trg 41/a, 1241 Kamnik
Telefon: 01/830-32-00

Avtor

Manca Pristavec
manca.pristavec@outlook.com

Miha Bogataj
mihl.bogataj@gmail.com

Mentorja

mag. Sonja Trškan
Sonja.trskan@guest.arnes.si

dr. Žiga Kokalj
Ziga.kokalj@guest.arnes.si

Področje Raziskovanja

geografija

Povzetek

V raziskovalni nalogi predstavljamo vzroke in posledice velike ujme 4. 8. 2023, ki je med mnogimi območji Slovenije prizadela tudi območje zahodnega dela občine Kamnik. V nalogi predstavljamo sosledje vremenskih značilnosti že julija 2023, ki so zasnovala pogoje za obilne poplave ob Kamniški Bistrici, spremembo njene struge in površja ob njej.

Posledica ujme so bili mnogi plazovi, saj je relief kamniške občine razgiban, tako, da so nakloni za proženje plazov dovolj veliki. Zanimalo nas je, koliko plazov se je sprožilo, njihova lokacija, vzroki nastanka. Plazovi in poplave so povzročili škodo na javni in zasebni infrastrukturi.

Pred leti so dijaki šole s programsko opremo ArcGIS zasnovali model plazovitosti, ki smo ga z našim kartiranjem plazov ovrednotili. S tem smo določili tudi uporabnost tega modela za boljše določitev ustreznih preventivnih ukrepov za preprečitev plazov.

Z obiskom terena smo teren fotografirali in opravili številne pogovore z domačini, ki so bili v središču divjanja narave.

Ključne besede: ujma, plazovi, poplave, erozija

Abstract

In our research project, we present the causes and consequences of the great storm on August 4, 2023, which, among many areas in Slovenia, also affected the western part of the municipality of Kamnik. In the assignment, we present the sequence of weather characteristics as early as July 2023, which created the conditions for heavy flooding along the river Kamniška Bistrica, the change of its bed and the surface next to it.

The result of the natural disaster were many landslides, as the relief of the municipality of Kamnik is rugged, so that the slopes are large enough to trigger landslides. We were interested in how many landslides were triggered, their location, the causes of their occurrence. Landslides and floods caused damage to public and private infrastructure.

Some years ago, students of our school designed an landslide model using ArcGIS software, which we evaluated with our landslide mapping. With this, we also determined the applicability of this model for better determination of appropriate preventive measures to prevent landslides.

By visiting the terrain, we photographed the terrain and had many conversations with the locals, who were at the center of nature's rampage.

Key words: natural disaster, landslides, floods, erosion

Kazalo:

1	Uvod	8
1.1	Namen naloge	8
1.2	Hipoteze	9
1.3	Zahvala.....	10
2	Metode dela in omejitev območja	11
2.1	Metode dela	11
2.2	Predstavitev območja raziskovanja	12
3	Že vreme julija 2023 je bilo neobičajno.....	13
3.1	Vremenska situacija v juliju 2023	13
3.2	Nadpovprečna segretost morja je vplivala na vreme in poplave	16
3.3	Neurje z vetrolomom že julija 2023	16
3.4	Vpliv vremenskega dogajanja v juliju je krivec za katastrofalno ujmo avgusta 2023	19
4	Reka Kamniška Bistrica	20
4.1	Specifični odtoki in pretoki reke	21
4.2	Poplave ob reki v preteklosti	23
5	Poplave	25
5.1	Zgodovina poplav Kamniške Bistrice	25
5.2	Škoda ob poplavah	26
5.3	Zgodovinski pregled reševanja problema poplav.....	27
5.3.1	Varstvo pred poplavami danes.....	28
6	Poplave 4. avgusta 2023.....	29
6.1	Hude ure so se približevale	30
6.2	Poplavljen območja ob reki Kamniški Bistrici	35
6.3	Poplavljen območja ob reki Kamniški Bistrici	36
6.4	Primeri poplavljenih območij	39
6.4.1	Poplavljen območje na meji Domžalske in Kamniške občine (Šmarca)	39
6.4.2	Poplavljen območje ETA, Svilanit	42
6.4.3	Poplavljen območje »Borotana«	43
6.4.4	Poplavljen območje v Stahovici	46
6.4.5	Poplavljen območje Krivčevo in Žaga (Volovljek, pritok Črne)	49
7	Spremembe struge	51
7.1	Primeri območij z najbolj spremenjeno strugo	51
7.1.1	Spremenjena struga v Šmarci	51
7.1.2	Območje Slovenia Eco Resort.....	52
7.1.3	Most v Zgornjih Stranjah	54

7.2	Ukrepi za protipoplavno varnost.....	55
7.2.1	Izhodišča za načrtovanje ukrepov zmanjševanja poplavne ogroženosti.....	55
7.2.2	Načrtovanje zmanjševanja poplavne ogroženosti.....	56
7.2.3	Prihodnje načrtovanje in opozorila strokovne javnosti za protipoplavno varnost	61
8	Plazovi.....	63
8.1	Plazovi po 4. 8. 2023.....	65
8.1.1	Primeri plazovitosti.....	69
8.1.2	Plazovitost v območju raziskovanja.....	74
8.1.3	Potrjevanje modelov plazovitosti.....	76
9	Ugotovitve	86
10	Zaključek.....	88
11	Viri in literatura	90

Kazalo slik:

Slika 1:	Temperaturne anomalije v Evropi julija 2023 (vir: Medmrežje 2)	13
Slika 2:	Dnevna višina padavin, Ljubljana, julij 2023 (vir: Medmrežje 3)	14
Slika 3:	Kazalnik višine padavin za julij 2023 (vir: Medmrežje 1).....	15
Slika 4:	Višina padavin: letni časi 2023 (vir: Medmrežje 4)	15
Slika 5:	Temperaturni odklon površja morja od dolgoletnega povprečja 1. avgusta ob 14. uri nad Sredozemskim morjem in delom Atlantika (vir: Medmrežje 5)	16
Slika 6:	Vetrolom, julij 2023 (vir: Medmrežje 6).....	16
Slika 7:	Poškodovani gozdovi v vetrolomu, julij 2023 (vir: Medmrežje 7).....	17
Slika 8:	Vetrolom v centru Kamnika, 19. 7. 2023 (vir: Medmrežje 9).....	18
Slika 9:	Vejevje pri Velikem jezu 21. 7. 2023 (vir: Medmrežje 9)	18
Slika 10:	Izvir Kamniške Bistrice, 5. 10. 2023 (vir: Manca Pristavec)	20
Slika 11:	Povprečni mesečni pretoki Kamniške Bistrice na vodomerni postaji Kamnik v obdobju 1971–2000 (vir: Medmrežje 10)	21
Slika 12:	Kamniška Bistrica, razgaljevanje pobočja po 4. 8. 2023 (vir: Manca Pristavec, 5. 10. 2023)..	22
Slika 13:	Kamniška Bistrica pri Radomljah, 2014 (vir: Medmrežje 12)	23
Slika 14:	Kamniška Bistrica 18. septembra 2007 zvečer, ko je imela ob višku pretok 140 m ³ /s (vir: Medmrežje 11)	27
Slika 15:	Kamniška Bistrica v Kamniku 1. novembra 1990 (vir: Grčar, 1991)	28
Slika 16:	Napoved visokovodnih razmer za 4. avgust 2023 (Vir: Medmrežje 15)	29
Slika 17:	Zemljevid dnevne (24-urne) višine padavin do 8. ure 4. avgusta na podlagi meritev meteoroloških postaj. (vir: Medmrežje 17).....	30
Slika 18:	Prikaz preseženih visokovodnih vrednosti pretokov ali vodostajev na vodomernih postajah v času poplavnega dogodka med 4. in 8. avgustom 2023 (vir: Medmrežje 17).....	31
Slika 19:	Vodostaj Kamniške Bistrice 4. 8. 2023 (vir: Medmrežje 18)	32
Slika 20:	Poplave v Kamniku avgusta 2023 (vir: Medmrežje 19).....	32
Slika 21:	Hidrološko opozorilo 4. 8. 2023 ob 4:30h (vir: Medmrežje 21)	33
Slika 22:	Poplave 4. 8. 2023 v Kamniku (vir: Medmrežje 19)	33
Slika 23:	Gasilska ekipa na terenu, 6. 8. 2023 (vir: Medmrežje 19)	35
Slika 24:	Zračni posnetek poplavljenе Šmarce (vir: Medmrežje 19)	40

Slika 25: Nov protipoplavni nasip v Šmarci, april 2024 (Avtor: Veronika Tonin).....	41
Slika 26: Kamniška Bistrica v Šmarci (vir: Medmrežje 22)	41
Slika 27: Poplavljenno območje ob podjetju Zarja Elektronika d.o.o. (vir: Medmrežje 24)	43
Slika 28: Zračni posnetek poplavljenega območja okoli Velikega jezua (vir: Medmrežje 19)	45
Slika 29: Poplavljanje ob Velikem jezua, 4. 8. 2023 (vir: Medmrežje 40).....	45
Slika 30: Kupi prodaja ob Kamniški Bistrici, 5. 10. 2023 (Avtor: Manca Pristavec)	47
Slika 31: Vidna črta najvišje gladine poplavalne vode, 5. 10. 2023 (Avtor: Manca Pristavec)	48
Slika 32: Označena meja najvišje gladine poplavalne vode, 5. 10. 2023 (Avtor: Manca Pristavec).....	48
Slika 33: Krivčevo, junij 2023 (vir: Medmrežje 41)	49
Slika 34: Krivčevo, 4. 8. 2023 (vir: Kaja Spruk).....	49
Slika 35: Škoda v Krivčevem, avgust 2023 (vir: Kaja Spruk).....	50
Slika 36: Regulirana struga Volovljeka (vir: Kaja Spruk)	50
Slika 37: Porušen most v Stahovici (vir: Medmrežje 25)	55
Slika 38: Porečje Kamniške Bistrice z lokacijami območij pomembnega vpliva poplav (vir: Medmrežje 26).....	57
Slika 39: Načrt zmanjševanja poplavalne ogroženosti 2023-2027 (vir: Medmrežje 26)	58
Slika 40: Zemeljski plaz (vir: Medmrežje 16)	63
Slika 41: Zemeljski plaz v dolini potoka Tunjščice v Podgorju (Avtor: Miha Bogataj)	64
Slika 42: Primer plazu prikazan v tehniki ortofoto RGB (vir: Orto foto 2023)	66
Slika 43: Prikaz plazu v osenčenem lidarskem modelu reliefa	67
Slika 44: Prikaz plazu z določanjem na osenčenem lidarskem modelu reliefa (Avtor: Miha Bogataj)..	67
Slika 45: Ortofoto RGB posnetek območja na delu Županijh Njiv po poplavalah	70
Slika 46: Saniran plaz v Županijh Njivah (Avtor: Manca Pristavec).....	71
Slika 47: Hiša pod saniranim plazom (Avtor: Manca Pristavec)	71
Slika 48: Plaz Blate v dolini Bistričice, 28. 10. 2023 (vir: Medmrežje 30)	72
Slika 49: Zemeljski plaz v Košišah (Avtor: Marcel Kotnik)	73
Slika 50: Dronski posnetek zemeljskega plazu v Košišah (Avtor: Marcel Kotnik).....	73
Slika 51: Na karti označeno območje sprožitve plazu, kjer se je merilo povprečje verjetnostnega rasterja (Avtor: Miha Bogataj).....	77
Slika 52: Na karti 3. modela plazovitosti označeno območje plazu (svetlejša barva pomeni večjo erozijsko ogroženost) (Avtor: Miha Bogataj).....	77

Kazalo zemljevidov:

Zemljevid 1: Prikaz območja raziskovanja (vir: Medmrežje 39)	12
Zemljevid 2: Obseg poplav v zgornjem toku Kamniške Bistrice do Kamnika (Avtor: Miha Bogataj)	37
Zemljevid 3: Obseg poplav v toku Kamniške Bistrice od Kamnika do južne meje občine Kamnik (Avtor: Miha Bogataj)	38
Zemljevid 4: Nanešeno rečno gradivo na poplavljenem območju v Šmarci (Avtor: Miha Bogataj)	39
Zemljevid 5: Poplavljenno območje v Šmarci (Avtor: Miha Bogataj)	40
Zemljevid 6: Poplavljenno območje poslopij tovarn ETA in Svilanit (Avtor: Miha Bogataj)	42
Zemljevid 7: Poplavljenno območje poslopij tovarn ETA in Svilanit (Avtor: Miha Bogataj)	43
Zemljevid 8: Poplavljenno območje »Borotana« (Avtor: Miha Bogataj).....	44
Zemljevid 9: Poplavljenno območje »Borotana« (Avtor: Miha Bogataj).....	44
Zemljevid 10: Poplavljenno območje Stahovica (Avtor: Miha Bogataj)	46
Zemljevid 11: Poplavljenno območje v Stahovici (Avtor: Miha Bogataj)	47
Zemljevid 12: »Stara« struga (2014) v tehniki osenčenega reliefa (Avtor: Miha Bogataj).....	52
Zemljevid 13: Sprememba struge Kamniške Bistrice v Šmarci (Avtor: Miha Bogataj)	52

Zemljevid 14: »Stara« struga Kamniške Bistrice v Godiču (Avtor: Miha Bogataj)	53
Zemljevid 15: Sprememba struge Kamniške Bistrice v Godiču (Avtor: Miha Bogataj)	53
Zemljevid 16: Sprememba struge Kamniške Bistrice v Zgornjih Stranjah z označenim strženom reke v tehniki osenčenega reliefa	54
Zemljevid 17: »Stara« struga (2014) v Zgornjih Stranjah v tehniki osenčenega reliefa	54
Zemljevid 18: Plazovi v zahodnem delu Kamniške občine (Avtor: Miha Bogataj)	68
Zemljevid 19: Območje intenzivne plazovitosti - Laniše, Zakal (Avtor: Miha Bogataj)	69
Zemljevid 20: Plazovi na zelo plazovitem območju Laniš in Zakala (Avtor: Miha Bogataj)	70
Zemljevid 21: Model z enakovrednim poudarjanjem (Avtor: Miha Bogataj)	81
Zemljevid 22: Model s poudarjeno litologijo (Avtor: Miha Bogataj)	82
Zemljevid 23: Model s poudarjenim naklonom (Avtor: Miha Bogataj)	83
Zemljevid 24: Model s poudarjeno gozdnatostjo (Avtor: Miha Bogataj)	84
Zemljevid 25: Model plazovitosti z uravnoteženim vrednotenjem (Avtor: Miha Bogataj)	85

Kazalo grafov:

Graf 1: Vrednost ukrepov za izboljšanje poplavne varnosti Kamniške Bistrice od leta 2018 do 2022 (Vir: Občina Kamnik, 2023)	58
Graf 2: Prikaz vrednosti prijavljene škode zaradi poplav v evrih (vir: Civilna zaščita, 2023)	60
Graf 3: Prijavljanje škode zaradi poplav (vir: Civilna zaščita, 2023)	60
Graf 4: Število plazov po letih nastanka (vir: Civilna zaščita Kamnik)	65
Graf 5: Gostota plazov po posameznem razredu plazovitosti za model 1 (Avtor: Miha Bogataj)	78
Graf 6: Gostota plazov po posameznem razredu plazovitosti za model 3 (Avtor: Miha Bogataj)	78
Graf 7: Gostota plazov po posameznem razredu plazovitosti za model 3 (Avtor: Miha Bogataj)	79
Graf 8: Gostota plazov po posameznem razredu plazovitosti za model 4 (Avtor: Miha Bogataj)	79
Graf 9: Gostota plazov po posameznem razredu plazovitosti za model 5 (Avtor: Miha Bogataj)	80

Kazalo tabel

Tabela 1: Dnevna količina padavin 4. 8. 2023 v nekaterih krajih blizu Kamnika (vir: Pavšek, 2023)	31
Tabela 2: Prikaz okvirnih vrednosti in njihovih opisov pri modelu ogroženosti s plazovitostjo (vir: Tonin, 2016)	75
Tabela 3: Število plazov na raziskovanem območju po posameznem naselju (Avtor: Miha Bogataj) ..	76

1 Uvod

1.1 Namen naloge

Med slovenskimi pokrajinami je katastrofalna ujma 4. avgusta 2023 zelo prizadela zahodni del občine Kamnik.

Namen raziskovalne naloge je predstaviti spremembe reliefa v kamniški občini kot so zemeljski plazovi in spremembo struge Kamniške Bistrice ter odnašanje njenih bregov v poplavah 4. avgusta 2023. Velik del občine sestavljajo apnenci in erozijsko manj odporne kamnine, razgiban relief z gosto mrežo površinskih voda, ki so intenzivno narasle in v nekaj urah popolnoma preobrazile površje doline Kamniške Bistrice in okolice v zahodnem delu kamniške občine.

V nalogi predstavljamo spremembe reliefa, ki so rezultat te ujme. Osredotočili smo se na spremembo struge Kamniške Bistrice, odnašanje bregov le-te in zemeljske plazove, ki so se sprožili.

S pregledom orto foto posnetkov, ki prikazujejo območje pred poplavami smo primerjali z lidarske posnetke, ki so nastali po njih. S primerjanjem le teh smo določili spremembo struge Kamniške Bistrice in ozemlja ob njej ter locirali sprožene plazove. Te plazove smo primerjali z različnimi modeli plazovitosti, ki so jih izdelali raziskovalci naše šole pred nekaj leti in ugotavljali njihovo uporabnost oz. točnost. To so še vedno edini in najboljši modeli, ki so bil narejeni za območje občine Kamnik.

Ti modeli lahko koristijo občini pri bolj učinkovitem predvidevanju proženja zemeljskih plazov in tako tudi izvajanju preventivnih ukrepov.

1.2 Hipoteze

Glede na namen raziskovalne naloge smo postavili naslednje hipoteze:

- Poplave so presegle v preteklosti že poplavljen območja.
- Struga Kamniške Bistrice se je po ujmi 4. 8. 2023 razširila za vsaj 5 %.
- V kamniški občini uporabljajo bolj ali manj učinkovite sanacijske ali preventivne ukrepe.
- Modeli plazovitosti v občini Kamnik iz raziskovalne naloge leta 2016 so pravilni.
- Število plazov v bazi Civilne zaščite se ne ujema z dejanskimi podatki.
- Možnost pojava ujm velikih razsežnosti se iz leto v leto povečuje.

1.3 Zahvala

Za uspešno zaključeno raziskovalno nalogo se zahvaljujemo vsem, ki so nam pri raziskovanju pomagali. Najprej bi se radi zahvalili našima mentorjema, profesorici mag. Sonji Trškan, ki nas je usmerjala in vodila skozi celotno ustvarjanje naloge in dr. Žigu Kokalju, ki nam je pomagal pri delu s kartami.

Gašperju Toninu za dovoljenje in pomoč pri uporabi modelov plazovitosti.

Brigiti Vavpetič za podatke o zemeljskih plazovih s katerimi razpolaga Civilna zaščita Kamnik.

Francu Hriberniku se zahvaljujemo za podatke o naravnih nesrečah in sanacijah, ki jih hrani občina Kamnik.

2 Metode dela in omejitev območja

2.1 Metode dela

Na začetku raziskave smo se naslonili na nekatera temeljna teoretična izhodišča, s pomočjo katerih smo predstavili vremenske značilnosti v juliju in avgustu 2023, reko Kamniško Bistrico in značilnosti plazovitosti.

Veliko informacij smo pridobili s terenskim delom in z informacijami domačinov, ki so dogajanje spremljali v živo. Z njihovo pomočjo smo tudi pravilneje načrtali območje, do kamor so segale poplave. Mnogo primerov škode smo tudi fotografirali.

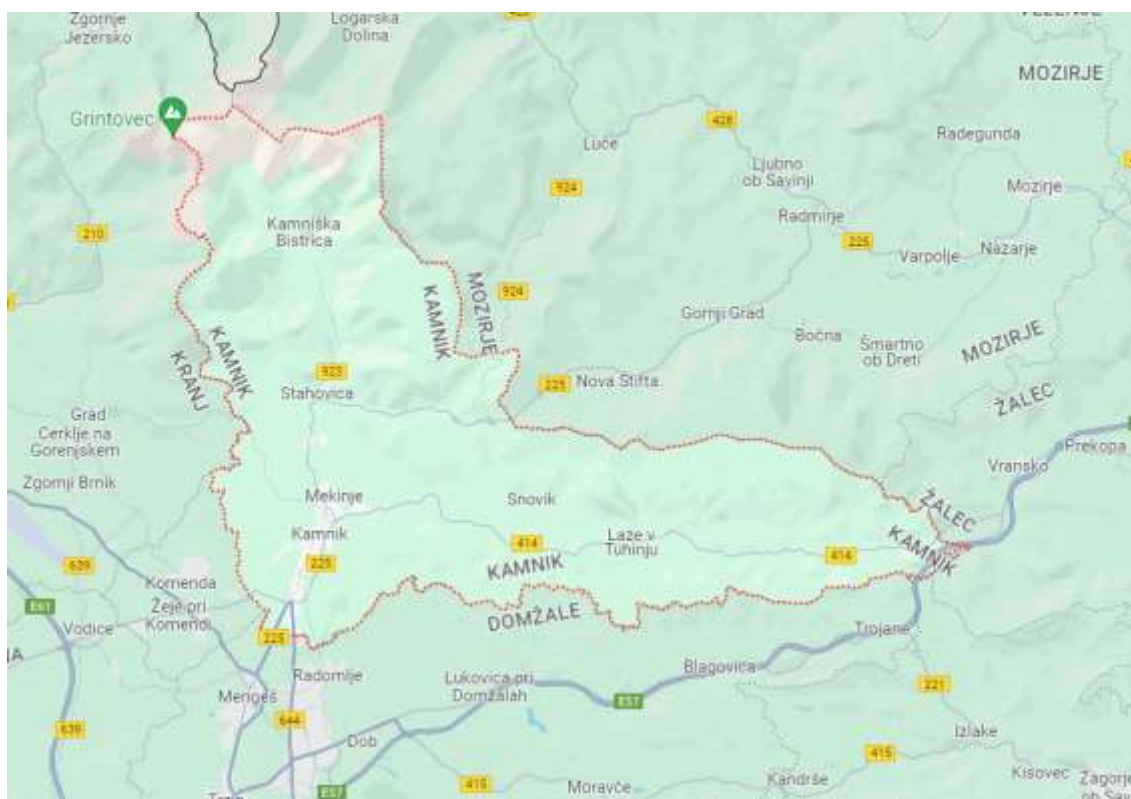
Podatke o številu plazov in povzročeni škodi smo pridobili prek Civilne zaščite Kamnik. Občina Kamnik nam je posredovala podatke o proračunskih sredstvih namenjenih za sanacije in preventivne ukrepe.

Nato smo v računalniškem programu QGIS popisali zemeljske plazove in označili odnesene bregove in poplavljen območja. Pri tem so nam pomagale karte s prikazom v tehniki osenčenega reliefa in ortofoto RGB posnetki nastali pred poplavami in LIDAR posnetki v tehniki osenčenega reliefa, ki so bili posneti med 7. in 8. avgustom 2023.

Zemljevid z označenimi plazovi smo potem primerjali z zemljevidi modelov plazovitosti, ki so jih izdelali raziskovalci naše šole pred leti in tako potrdili njihovo uporabnost. Metoda je podrobneje opisana v 8. poglavju.

2.2 Predstavitev območja raziskovanja

Raziskovalno nalogo smo omejili na območja znotraj občine Kamnik. Občina ima površino 265,6 km² in se nahaja v severnem delu osrednje Slovenije. Na južnem delu jo omejuje občina Domžale, na severovzhodu občina Mozirje, z vzhoda jo omeujeta občini Zagorje ob Savi in Žalec, na zahodu pa meji na občini Kranj in Ljubljano. Občina ima podolgovato obliko v smeri Tuhinjske doline do Motnika in vzdolž zgornjega toka Kamniške Bistrice. Na severu jo omejujejo Kamniško-Savinjske Alpe skupaj z njihovim najvišjim vrhom Grintovcem (2558 m). Na severovzhodu seže na Veliko planino, Črnivec in Menino planino. Na jugu pa njena meja poteka med Tuhinjsko dolino in Črnim grabnom, na jugovzhodu pa preko Tuhinjskega Gričevja in Kamniškobistriškega polja.



Zemljevid 1: Prikaz območja raziskovanja (vir: Medmrežje 39)

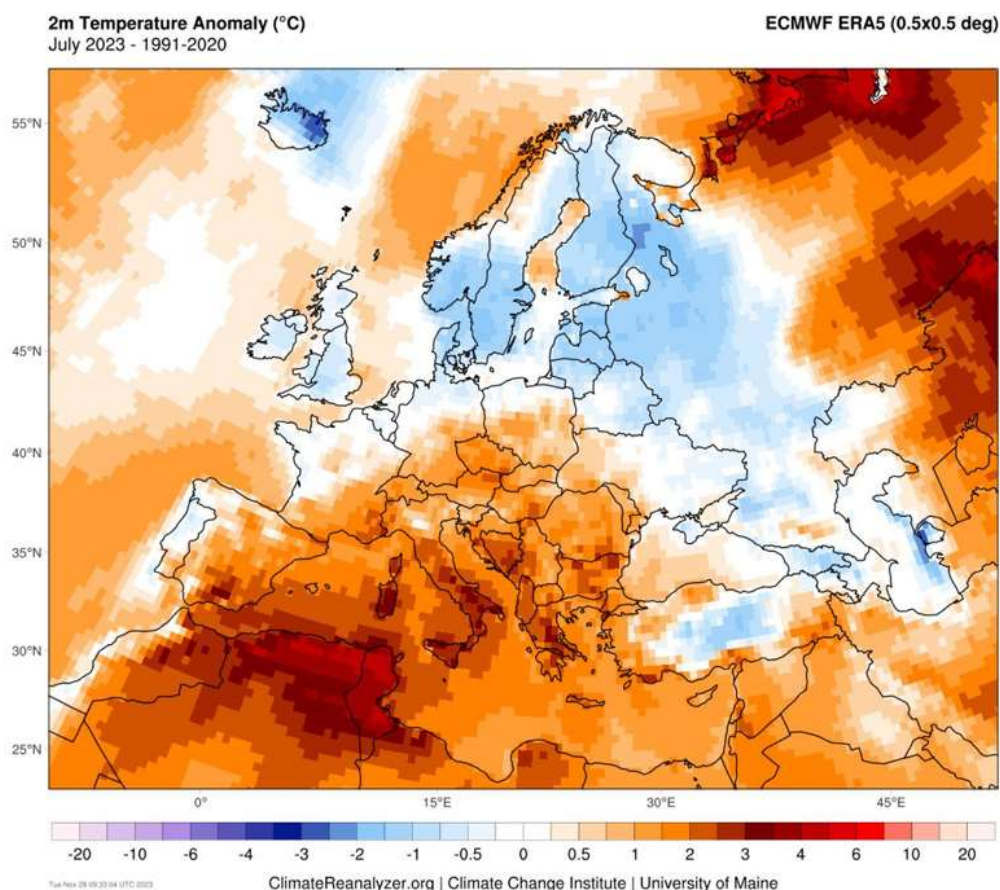
Večino območja kamniške občine pripada porečju Kamniške Bistrice, ki se zliva v Savo. Izjema je skrajno vzhodni del, ki ga odmaka Motnišnica, katera pripada porečju Savinje. Kamniška Bistrica izvira izpod strmega pobočja Kamniško-Savinjskih Alp in nato potuje proti jugu. V Stahovici se vanjo izlivata pritoka Bistričica z desne strani in Črna z leve. Južno se pri Nevljah iz Tuhinjske doline vanjo izliva Nevljica, ki ima sama tudi številne pritoke, kot so Oševsek, Snovišek in Podbreški potok.

3 Že vreme julija 2023 je bilo neobičajno

Zanimalo nas je, kateri vzroki so prispevali k posledicam katastrofalnih poplav, ki so se zgodile na začetku avgusta. Ugotovili smo, da je bilo že julijsko vremensko dogajanje dokaj neobičajno in je prispevalo k učinkovitosti ujme 4. 8. 2023.

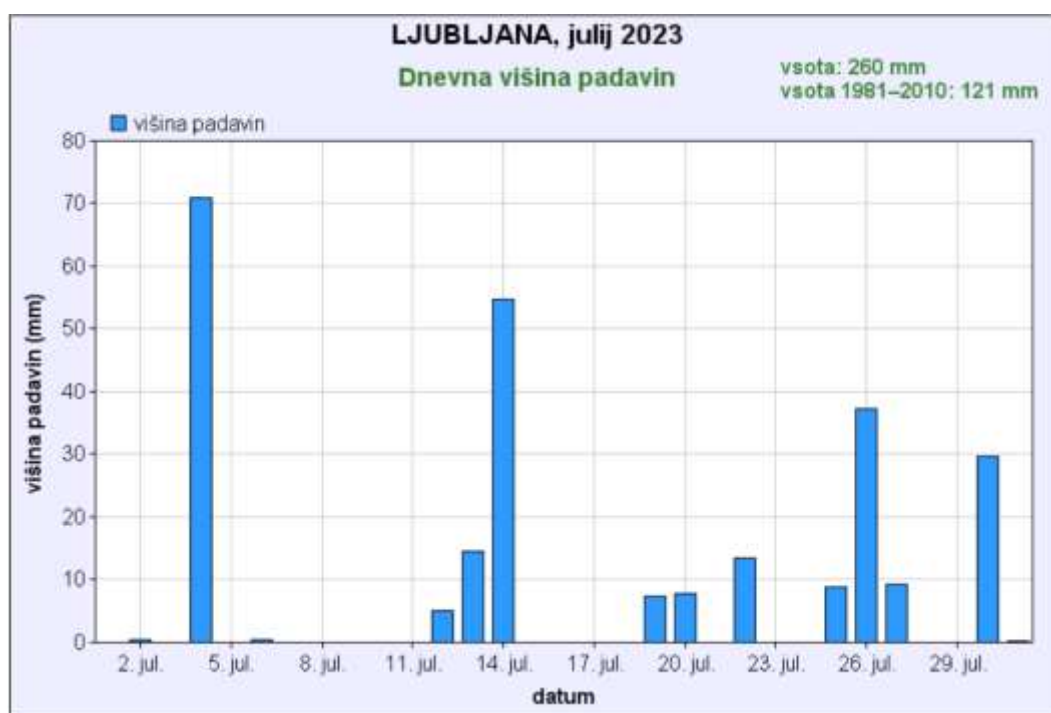
3.1 Vremenska situacija v juliju 2023

V juliju 2023 je bil sredozemski del Evrope zelo pregret, medtem ko so bile temperature v severnem delu Evrope pod povprečjem. Presežek temperatur nad povprečnimi v Sloveniji je bil večinoma med 0,5 in 1°C (Medmrežje 1). Severno od Alp je prevladoval hladen zrak, južno pa so bile velike pregrete zračne mase. Hladen zrak je občasno prodrl v Padsko nižino, zato so tam začele nastajati nevihtne celice, ki so z zahodnimi vetrovi prek Italije potovale do Slovenije.

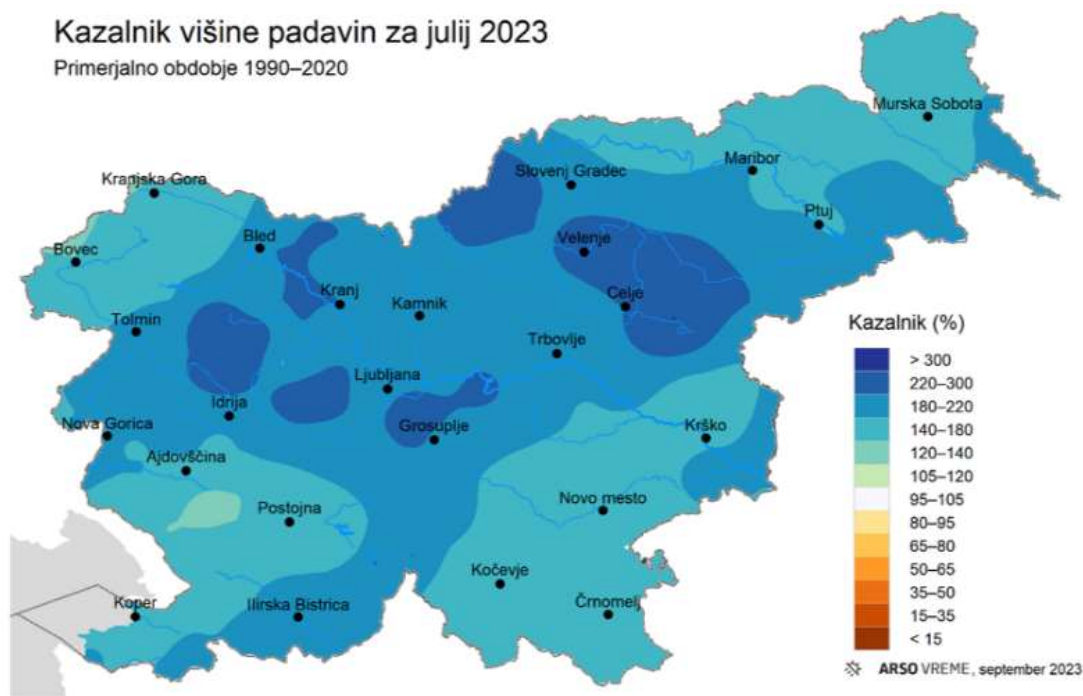


Slika 1: Temperaturne anomalije v Evropi julija 2023 (vir: Medmrežje 2)

Nevihtne celice so nastajale skoraj ves julij. Nekatere so potovale tudi z hitrostjo več kot 100 km/h. Največ padavin je padlo v hribovitem svetu na severu Slovenije. Veliko merilnih postaj je poročalo o mesečni vsoti več kot 300 mm padavin dnevno, v Podpeci so namerili celo 419 mm, na postaji Martinj Vrh 413 mm in v Leskovici 402 mm. Na jugu države in severovzhodu padavine večinoma niso presegle 200 mm, tako so na primer v Kopru namerili 96 mm, v Podnanosu 112 mm, v Portorožu 120 mm (Medmrežje 1). Julijska vsota padavin je bila ponekod za trikrat večja od dolgoletnega povprečja, zato je bila Slovenija že julija zelo namočena in v hidrološki situaciji podobna tisti, ki je običajno značilna za konec novembra. Tako so sledili tudi vetrolomi in celo tornado v Ilirski Bistrici. Nevihte so povzročile tudi veliko škode v kmetijstvu in na imetju, vetrolom v gozdovih, prožili so se zemeljski plazovi.

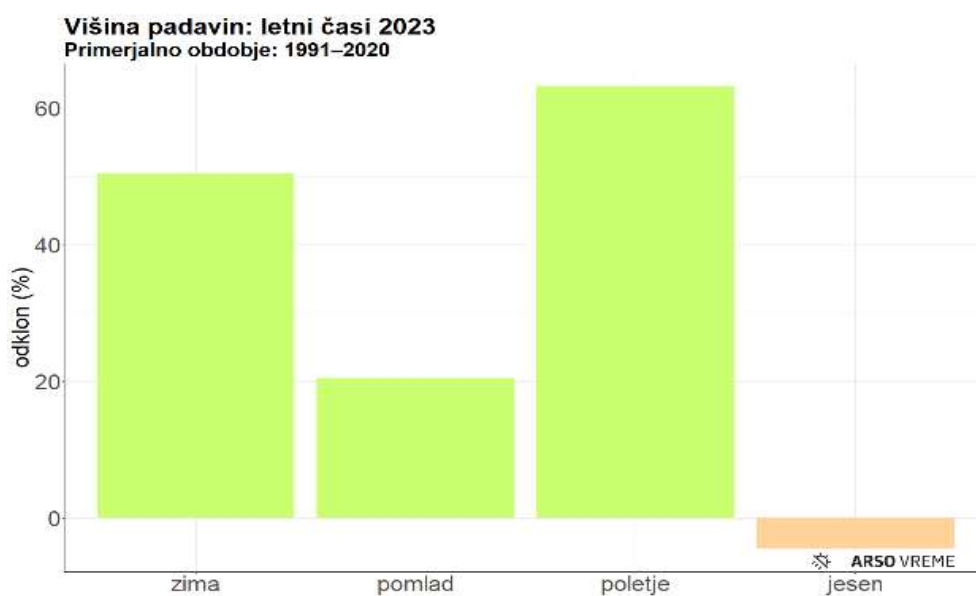


Slika 2: Dnevna višina padavin, Ljubljana, julij 2023 (vir: Medmrežje 3)



Slika 3: Kazalnik višine padavin za julij 2023
(vir: Medmrežje 1)

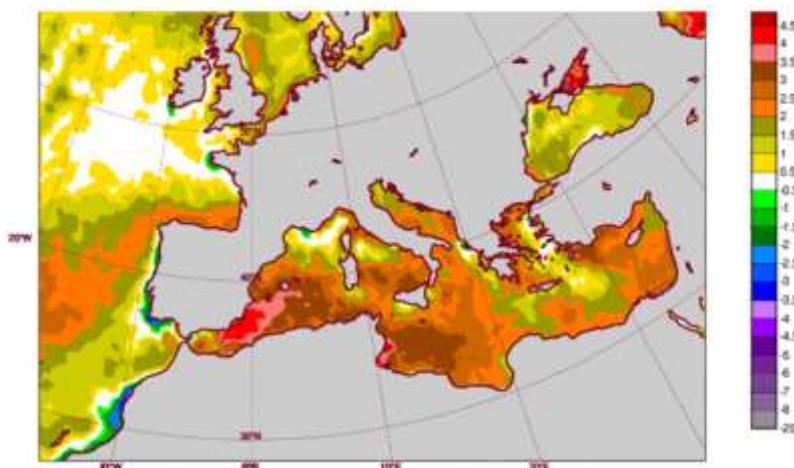
Avgust s kazalnikom višine padavin 209 % zaseda drugo mesto med najbolj namočenimi avgusti, julij s kazalnikom 189 % pa spada med tri najbolj namočene julije od leta 1950 (Medmrežje 4).



Slika 4: Višina padavin: letni časi 2023 (vir: Medmrežje 4)

3.2 Nadpovprečna segretost morja je vplivala na vreme in poplave

Opisana vremenska situacija je za sredino poletja zelo nenavadna, bolj je značilna za jesensko oziroma zimsko obdobje, ko temperatura Sredozemskega morja ni več tako visoka, kot je v avgustu. Temperatura Sredozemskega morja je bila poleti 2023 za tri stopinje višja od običajne. Toplejše morje pa je prispevalo še dodatno vlago, ki je v obliki padavin prešla nad Slovenijo. V času poplav je imelo morje 29°C, zato se je preko našega območja pretakalo več energije kot običajno (Medmrežje 1).



Slika 5: Temperaturni odklon površja morja od dolgoletnega povprečja 1. avgusta ob 14. uri nad Sredozemskim morjem in delom Atlantika (vir: Medmrežje 5)

3.3 Neurje z vetrolomom že julija 2023

Vetrolom je pojav pri katerem močan veter poškoduje ali uniči drevesa v gozdu. Veter lahko drevesa izruva iz tal ali pa prelomi debla. Te poškodbe so za drevesa nevarna, saj običajno odmrejo takoj ali pa životarijo še nekaj let, preden dokončno odmrejo. Vetrolomi so v slovenskih gozdovih relativno pogost pojav, predvsem tam, kjer gozdovi nimajo ustrezne drevesne sestave.



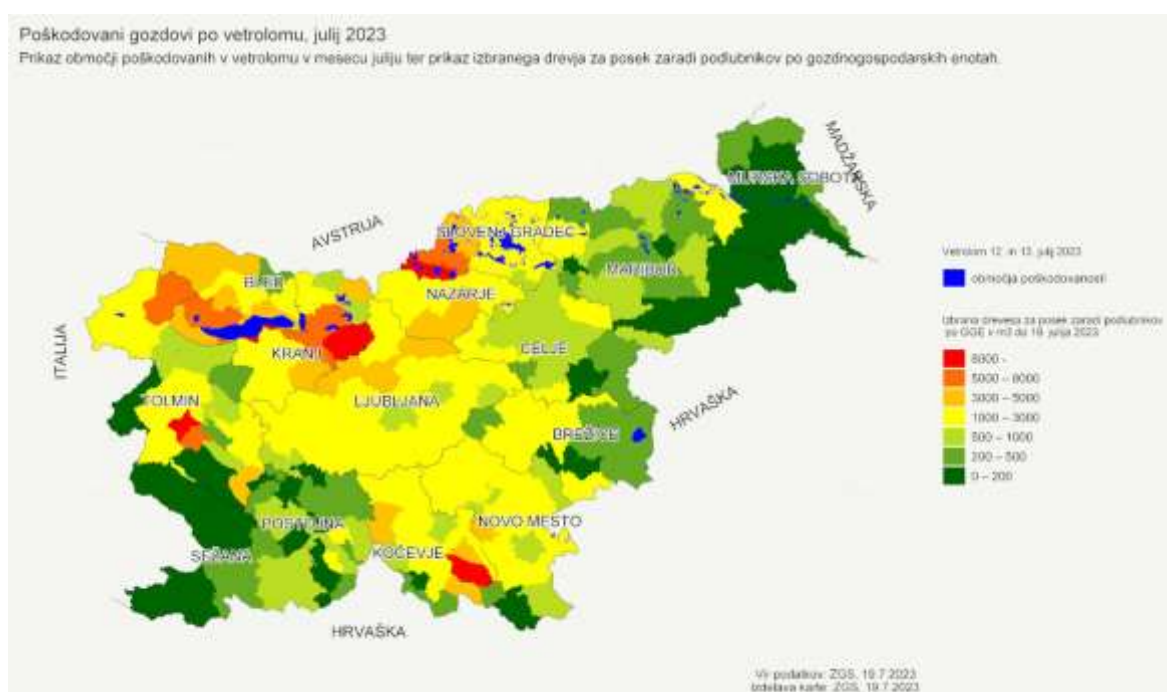
Slika 6: Vetrolom, julij 2023 (vir: Medmrežje 6)

Vetrolomi najpogosteje prizadenejo gozdove ene drevesne vrste. Pri tem so najbolj izpostavljeni umetno osnovani smrekovi gozdovi. Vetrolomi so pogosti na grebenih, okoli vrhov, na zaobljenih hribih, gorskih sedlih in hrbtih. Glede na veter in gibanje najmočnejših sunkov je lahko drevje uničeno na obsežnih površinah ali pa v ozkih pasovih.

Izpostavljenost gozda vetrolomu je odvisna od številnih dejavnikov: od posameznih lastnosti drevesa, ki vplivajo na mehansko stabilnost, od lastnosti sestoja, lastnosti tal, topografskih lastnosti in meteoroloških lastnosti. Vetrolomu so manj izpostavljena tista drevesa, ki so dobro zakoreninjena in uspevajo v pravilno naravno oblikovanih sestojih.

Narava je julija 2023 pokazala svojo moč z vetrolomi, ki so v noči z 18. na 19. julij povzročali škodo v gozdovih. Po ocenah Zavoda za gozdove Slovenije je bilo podrtega 50.000 m³ drevja, največ škode je nastalo v jugovzhodnem delu Slovenije. Po natančnejši oceni je bilo med 10. in 16. julijem podrtega in poškodovanega več kot 300.000 m³ drevja.

Neurje z vetrom je škodo v gozdovih povzročalo predvsem v višje ležečih predelih jugovzhodne Slovenije. Nastajali so lokalno močnejši vrtinci, ki so povzročili koncentrirane poškodbe. Ponekod so bile tudi ceste neprevozne zaradi padlega drevja (Medmrežje 7).



Slika 7: Poškodovani gozdovi v vetrolomu, julij 2023 (vir: Medmrežje 7)

Zaradi neurja 19. 7. 2023 je bilo v kamniški občini prizadetih 200 objektov, podrlih je bilo ogromno dreves (Medmrežje 8). Največje število intervencij je bilo opravljenih na območju kamniških krajevnih skupnosti. Na terenu je bilo več kot 200 gasilk in gasilcev. Rekreatijske in

izletniške poti so bile, zaradi vetroloma, ponekod neprehodne in nevarne. Pot na Stari grad in Špico je bila na več mestih neprehodna in na nekaterih delih popolnoma uničena.



Slika 8: Vetrolom v centru Kamnika, 19. 7. 2023 (vir: Medmrežje 9)

Dne 20. 7. 2023 je bilo do 14. ure zabeleženih 348 dogodkov (Medmrežje 8). Koncesionar, Komunalno podjetje Kamnik, d. o. o. je odstranilo podrta drevesa pri šolah in vrtcih ter na otroških igriščih. Večino cest je bilo normalno prevoznih, razen Kamnik-Godič, Kolesarska povezava Šmarca-Nožice, Stari grad-Palovška, pešpot na Špico in kolesarska pot Virtus, kjer je veljala popolna zapora.

Zvečer je del občine Kamnik ponovno zajelo neurje. Gasilke in gasilci so imeli zlasti intervencije, vezane na meteorne vode, poplave v stanovanjskih stavbah in vdore vode v kletne prostore. Ponovno je odkrilo streho Osnovne šole Marije Vere. Sprožili so se trije plazovi na območju Krajevne skupnosti Šmartno v Tuhinju v zaselku Stebljevek. Pogodbeno podjetje Občinskega štaba Civilne zaščite Kamnik Žurbi eko je na območju Velikega jeza odstranjevalo vejevje.



Slika 9: Vejevje pri Velikem jezu 21. 7. 2023 (vir: Medmrežje 9)

3.4 Vpliv vremenskega dogajanja v juliju je krivec za katastrofalno ujmo avgusta 2023

Na dogajanje avgusta 2023 je zelo vplivalo vreme julija 2023. Zaradi obilnih padavin je bilo površje že julija zelo namočeno. Tudi ozračje je bilo bolj nestabilno kot običajno zaradi visoke temperature morja. Vetrolom je še dodatno vplival na izpostavljenost površin in prsti plazenju. Zaradi nepospravljenih dreves so le ta pristala v rečnih strugah in vplivala na njihovo zaježovanje, rušenje mostov, preusmerjanje rečne vode. Zaradi obilnih padavin so bili vodostaji rek nadpovprečno visoki. Lahko zaključimo, da so bili ključni dejavniki za katastrofalno ujmo naslednji: nadpovprečno visoke temperature Sredozemskega morja, ki so vplivale na energijo zračnih gmot, velika količina padavin in s tem velika namočenost tal že julija ter vetrolom.

Te dejavnike bi bilo potrebno spremljati in upoštevati pri napovedovanju in ugotavljanju verjetnosti prihodnjih ekstremnih poplav.

4 Reka Kamniška Bistrica

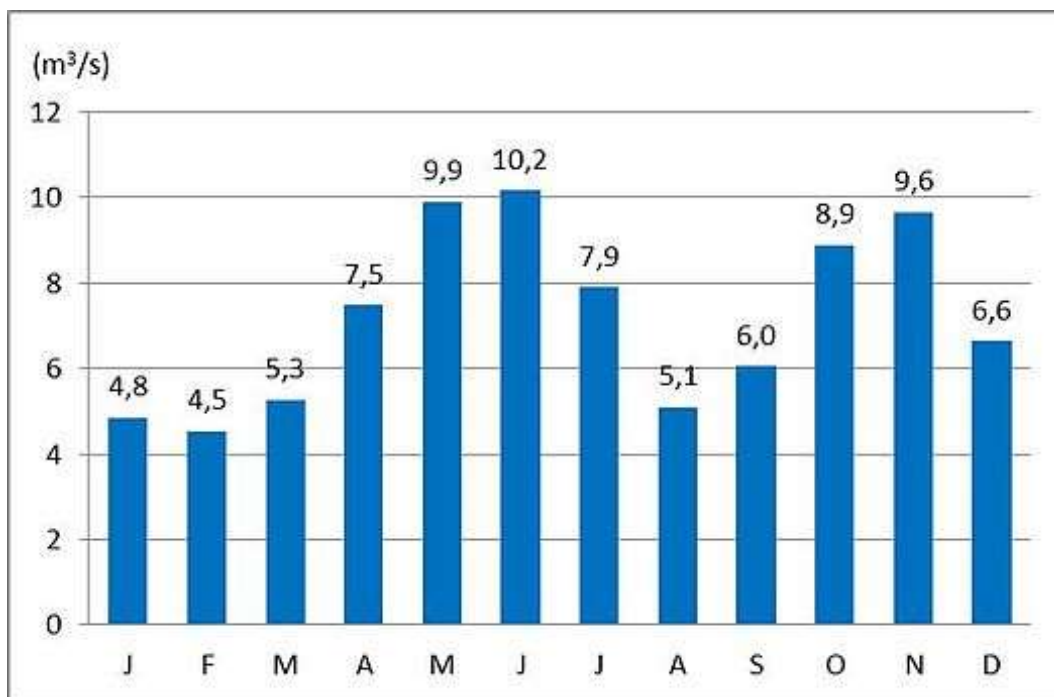
V tem poglavju so predstavljene glavne značilnosti hudourniške reke Kamniške Bistrice in vpliv njenih lastnosti na poplavljanje.

Kamniška Bistrica je alpska reka, ki skupaj s Savinjo, Kokro in avstrijsko Belo odmaka osrednji, najvišji in najbolj masiven del Kamniško-Savinjskih Alp. Na površju se pojavi v obliki razmeroma izdatnega kraškega izvira v zatrepu doline Kamniške Bistrice, na nadmorski višini približno 600 m. Kamniška Bistrica se pri sotočju Save in Ljubljance v skrajnem vzhodnem delu Ljubljanske kotline izliva v Savo ter predstavlja njen levi pritok. Reka teče skozi dva večji mesti, Kamnik in Domžale, ter v dolžino od izvira do izliva meri približno 32 km. Glavna leva pritoka Kamniške Bistrice sta Nevljica in Rača, z desne se vanjo izliva Pšata. Nevljica se v Kamniško Bistrico izliva v Kamniku, Rača v Domžalah, Pšata pa v bližini Beričevega. Celotno porečje Kamniške Bistrice meri 538,7 km² (Ogrin, 2017).



Slika 10: Izvir Kamniške Bistrice, 5. 10. 2023 (vir: Manca Pristavec)

Voda reke Kamniške Bistrice v izviru priteka na dan izpod številnih skal, preraščenih z mahom, njen tok pa že kmalu začne ustvarjati majhne slapove in brzice. Količina vode v jezeru je odvisna od padavin in letnega časa.



Slika 11: Povprečni mesečni pretoki Kamniške Bistrice na vodomerni postaji Kamnik v obdobju 1971–2000 (vir: Medmrežje 10)

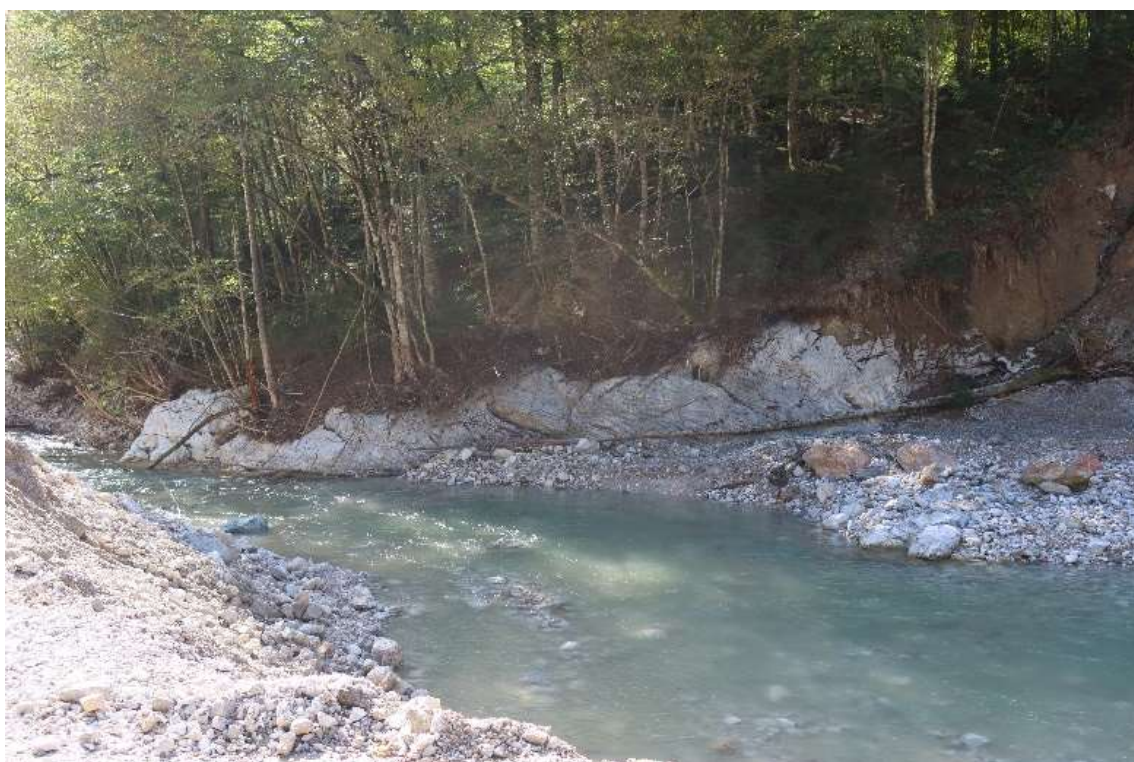
Kamniška Bistrica ima alpski snežno-dežni režim s prvim viškom v pozni pomladi in drugim viškom jeseni. Prvi je posledica spomladanskega taljenja snega in padavin, jesenskega pa ustvarijo obilnejše padavine in manjše izhlapevanje zaradi nižjih temperatur. Alpski značaj kaže tudi zimski nižek (februar, januar), ki je posledica snežne retinence in je izrazitejši od poletnega. V sušnih letih ima reka občasno zelo malo vode in lahko celo presahne. Zlasti med dolgotrajnejšimi sušnimi obdobji k majhnemu pretoku v strugi prispeva tudi pronicanje rečne vode v podtalnico Ljubljanske kotline, ki jo črpajo za potrebe oskrbe s pitno vodo.

4.1 Specifični odtoki in pretoki reke

Za Kamniško Bistrico pri Kamniku je za obdobje let 1981-2010 značilen pretok 6,89 m³/s. Če pretoku Kamniške Bistrice pri Viru prištejemo še ocenjen pretok na Radomeljski Mlinščici (2,0 m³/s) in Homški Mlinščici pri Domžalah (0,63 m³/s), lahko potencialni skupni srednji pretok okvirno ocenimo na 7,7 m³/s. Pri Domžalah je po sotočju z Račo po Kamniški Bistrici v enakem obdobju odteklo 10 m³/s, ob upoštevanju pretoka po vzporedni Homški mlinščici pa bi potencialni pretok znašal 10,7 m³/s.

Za obdobje 1981 do 2010 je specifični odtok Kamniške Bistrice pri Kamniku s $35,3 \text{ l/(sxkm}^2\text{)}$ daleč največji v celotnem porečju. Ta vrednost je občutno nad slovenskim povprečjem, ki znaša $27 \text{ l/(sxkm}^2\text{)}$. Porečje Kamniške Bistrice se med povprečno vodnata porečja Slovenije uvršča predvsem zaradi vodnatosti osrednjega vodotoka, za pritoke pa so značilni znatno manjši specifični odtoki. Največ vode z enote površine je v obdobju 1981-2010 odteklo s porečja Nevljice ($21,0 \text{ l/(sxkm}^2\text{)}$), ki je z dobrimi 700 m v povprečju najvišje in prejme tudi največjo količino padavin. Manj vode je odteklo v porečju Rače ($16,5 \text{ l/(sxkm}^2\text{)}$), najmanj pa v porečja Pšate ($14,1 \text{ l/(sxkm}^2\text{)}$) (Ogrin, 2017).

Enota $\text{l/(sxkm}^2\text{)}$ predstavlja specifični odtok, kar je kvocient med srednjim obdobjnim pretokom in površino vodozbirnega zaledja postaje.



Slika 12: Kamniška Bistrica, razgaljevanje pobočja po 4. 8. 2023 (vir: Manca Pristavec, 5. 10. 2023)

Ob največjem zabeleženem pretoku v času silovitih poplav novembra 1990, ki je znašal $282 \text{ m}^3/\text{s}$, je s porečja Kamniške Bistrice pri Kamniku odteklo približno $1,5 \text{ m}^3/(\text{sxkm}^2)$. Najmanj vode v strugi je bilo na isti postaji marca 1993, ko je bil pretok manjši od $1 \text{ m}^3/\text{s}$. Razmerje med najmanjšim, srednjim in največjim pretokom na Kamniški Bistrici pri Kamniku za obdobje 1926-2013 znaša 1: 9: 325, kar nakazuje na močno izražen hudourniški značaj reke (Ogrin, 2017).

4.2 Poplave ob reki v preteklosti

Ob zgornjem toku Kamniške Bistrice so pogoste hudourniške poplave, v njenem spodnjem toku in predvsem ob pritokih pa nižinske poplave. Izjemno intenzivni pobočni procesi v visokogorskem svetu v njenem povirnem delu vplivajo tudi na poplavno ogroženost, saj v dolinska dna prinašajo obilico naplavin. Nazoren primer tovrstnih intenzivnih geomorfnih procesov so zemeljski plazovi, kot je bil v dolini Kamniške Bistrice 15. julija 1970, ali divjanje hudournikov ob novembrskih poplavah 1990. Reke, kot je Kamniška Bistrica, v običajnih hidrogeografskih razmerah nanesenih plavin niso sposobne prenesti v predgorje, kar pa se lahko zgodi ob neurjih. V zgornjem delu doline Kamniške Bistrice ni tipičnega poplavnega sveta, saj je dolina ozka. Poplave običajno prizadenejo le manjša območja, večjo škodo povzročita dvig talne vode in reka z bočno erozijo, kar ogroža ceste.

V obdobju 1971–2000 je bila razlika med najmanjšim in največjim zabeleženim pretokom v Kamniku, ki leži na robu zgornjega toka, kar 324-kratna, poznana je tudi po zelo hitrem naraščanju ob močnih padavinah in silovitem toku, ki občasno povzroča veliko razdejanje. Dobršen del njenega porečja je zelo strm visokogorski svet, v katerem velik del padavin, zlasti ob močnih nalivih, hitro površinsko priteče do vodotokov in ti zelo hitro narastejo. To pomeni, da ima reka zelo velik specifični odtok ($37,0 \text{ l/s/km}^2$) in tudi visok odtočni količnik, podobnega kot ostale naše gorske reke (81,2 %) (Medmrežje 11).



Slika 13: Kamniška Bistrica pri Radomljah, 2014 (vir: Medmrežje 12)

Več pa je poplavnih območji v spodnjem toku, kjer so reko v 20. stoletju nekajkrat regulirali, da bi s temi posegi pridobili in varovali zemljišča ter odpravili poplave. Prve regulacije so bile še pred prvo svetovno vojno, ko so reko omejevali po pravilu, da bi čim več vode spravili skozi čim manjše oz. cenejše korito. To pravilo velja še danes, čeprav so možne številne druge rešitve, ki pa so tehnično, cenovno in prostorsko mnogo zahtevnejše.

5 Poplave

V nadaljevanju predstavljamo poplave na splošno in zgodovino poplav Kamniške Bistrice. Prav tako so predstavljeni načini reševanja problema poplav in njihovo saniranje v zgodovini.

Podrobneje je tudi opisano dogajanje v Kamniku med 4. in 6. avgustom 2023.

Poplava je pojav visoke vode, ko ta ne more več v celoti odtekati po rečni strugi in se njen presežek razlije po okoliškem zemljišču.

Poplave so eden od prevladujočih naravnogeografskih preoblikovalcev pokrajine v ravninsko-nižinskih predelih in vplivajo na namembnost prostora ter prevladujočo rabo tal. Pogostejše in manjše poplave so lahko koristne v gospodarskem smislu (na primer večja rodovitnost tal) in imajo pomembno vlogo pri ohranjanju določenih ekosistemov. Poleg tega so bile redne poplave nekoč ključnega pomena za razvoj prvih visokih civilizacij, kakršna je bila staroegipčanska.

Ker se struge rek oblikujejo počasi, je njihova velikost sorazmerna s količino vode, ki se običajno kopiči na tem področju. Ko nenadoma območje prejme veliko večjo količino vode, običajno preplavi struge, in voda se prelije na okoliška zemljišča. Poplave lahko nastanejo zaradi naslednjih vzrokov: nenavadno veliko število deževnih neviht, hiter in izjemno močan porast hudournikov, potokov in manjših rek, itd.

5.1 Zgodovina poplav Kamniške Bistrice

Poplave Kamniške Bistrice niso nič neobičajnega, saj je reka hudourniška. Leta 1933 je Kamniška Bistrica intenzivno poplavljala. V zgornjem toku je odnesla precej lesa, v spodnjem pa je preplavila vse travnike in nanese veliko materiala, voda je drla skoraj pol metra visoko. Poplave so manj pogoste, odkar so v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja ob reki zgradili nasipe od Nožic do Radomelj, od Jarš do Domžal in od Bišč do izliva v Savo, vendar v porečju Kamniške Bistrice ni dovolj zemljišč, ki bi jih lahko namenili zadrževanju vode ob poplavah. Pomembna je ugotovitev, da je reka ob poplavah 1. novembra 1990 hotela vzpostaviti staro stanje pred izvedbo ureditev. To je bilo videti iz smeri pretakanja na poplavnih območjih in kjer so se podirala obrežna zavarovanja.

Med 18. in 20. oktobrom 1998 sta v porečju Kamniške Bistrice poplavljali Rovščica in Rača. To območje so poplave spet prizadele 5. in 6. novembra, ko je poplavljala tudi Nevljica v Tuhinjski dolini. Ob srednjem in spodnjem toku Kamniške Bistrice je poplavno območje, kljub več regulacijam v 20. stoletju, razmeroma obsežno. Zaradi poglobljanja struge in odzemanja proda iz rečne struge naj bi se struga med Radomljami in Količevim poglobila za več kot 2 m.

To je ogrozilo nosilce mostov na cestah, novembrska poplava 1990 pa je odnesla mostova pri Homcu in tudi v južnem delu Domžal (Medmrežje 11).

5.2 Škoda ob poplavah

Ob poplavah leta 1981 je voda na več mestih poškodovala nasipe in preplavila kmetijska zemljišča, novembra 1990 pa je bilo v okolici Kamnika poplavljenih skoraj 80 ha zemljišč. Manjša poplavna območja so bila pri Nevljah in ob izlivu Nevljice v Kamniško Bistrico, kjer je zaradi zaježitvenega učinka Kamniške Bistrice Nevljica poplavela športni center z avtokampom, bazenom in teniškimi igrišči. V Kamniku je za jezom pri tovarni Titan nastalo 45 ha veliko poplavišče, ki je segalo vse do tovarne Stol. V Kamniku je poplavna voda poškodovala 24 stavb. Dve tretjini prizadetih stavb sta bili na območju neposrednega vpliva poplavne vode. Prizadetih je bilo enajst tovarn (med njimi Svit, Alprem, Kemijska industrija Kamnik), zato je bilo največ škode v industriji (28 %) in na prometnicah (12 %), na stanovanjskih zgradbah pa za 2,6 % (Medmrežje 11).

Poplave 18. septembra 2007 so samo v občini Kamnik poškodovale 72 stanovanjskih objektov, sprožilo se je 22 zemeljskih plazov, škode je bilo za več kot 5,8 milijonov evrov. Nevljica je ponovno poplavela plavalni bazen in športna igrišča pred izlivom v Kamniško Bistrico v Kamniku, škodo zaradi poplav na stanovanjskih hišah pa so močno zmanjšali z intervencijsko izgradnjo 40 m dolgega in 70 cm visokega nasipa ob Nevljici ter 100 m dolgega ter 1 m visokega nasipa v Šmarci. V Črni so bili poplavljeni gospodarski objekti Lecana in mizarstva Volovšek, v Motniku pa prostori usnjarstva Grad. Poškodovani sta bili mali hidroelektrarni v Črni in na Krivčevem, poškodovanih je bilo skupaj 35 km cest, tudi regionalna cesta Kamnik–Ločica pri Vranskem skozi Tuhinjsko dolino (Medmrežje 11).

Kamniška Bistrica je imela v Kamniku največji pretok novembra 1990 ($282 \text{ m}^3/\text{s}$), $150 \text{ m}^3/\text{s}$ pa je presegel v letih 1968, 1974 in 1998. V Kamniku je 18. septembra pozno zvečer dosegla največji pretok $146 \text{ m}^3/\text{s}$, kar je 5- do 10-letna povratna doba velikih pretokov, na Viru pa zaradi močnega pritoka Pšate 100-letno povratno dobo velikih pretokov (Medmrežje 11).



*Slika 14: Kamniška Bistrica 18. septembra 2007 zvečer, ko je imela ob višku pretok 140 m³/s
(vir: Medmrežje 11)*

V primerjavi s katerokoli državo v bližini namenja država Slovenija najmanjši odstotek proračuna za upravljanje z vodno infrastrukturo in vodotoki že od osamosvojitve dalje. Po gospodarski krizi, okoli leta 2012, pa so se je že tako nizek odstotek spustil na tako rekoč ničelno raven, saj je država zanje namenila le 1,6 milijona evrov, kar ni dovolj niti za vzdrževanje nasipov ob Muri v skupni dolžini sto kilometrov (Medmrežje 11).

5.3 Zgodovinski pregled reševanja problema poplav

Kamniška Bistrica je bila v sredini 19. stoletja še povsem naraven vodotok, ki je redno poplavljal in odlagal na brežinah velike količine mineralnega materiala, odvzetega v zaledju. Vodotok je v osnovi hudournik s stalno vodo, ki jo zagotavljajo pritoki s kraškimi izviri iz Kamniških planin in številnimi izviri iz pobočnih preperin. Velik padec ravninskega predela do Save (4-8 ‰) in gričevje na levi strani vodotoka so pripomogli, da Kamniška Bistrica s svojim naravnim koritom ni delala velikih zavojev. Visoke vode so odtekale od vznožja Kamniških planin po najkrajši poti v Savo. Na tej poti pa je voda oblikovala nekaj lokalnih meandrov.

Preplavljanje Kamniške Bistrice je začelo postajati problem koncem 19. stoletja z industrializacijo regije. Prvi sistematični pristop k urejanju se je pričel leta 1894 z regulacijo Kamniške Bistrice nad izlivom v Savo. Po drugi svetovni vojni se je zaradi velikega poselitvenega pritiska na prostor ob Kamniški Bistrici ta vodotok skoraj v celoti reguliral. Širina dna je bila okoli 20 m, ki pa se jo je kasneje od



Slika 15: Kamniška Bistrica v Kamniku 1. novembra 1990 (vir: Grčar, 1991)

Duplice navzdol razširilo in s tem ustvarilo ugodnejše pogoje za stabilizacijo dna vodotoka (Medmrežje 13).

Kljub vsemu vse izvršene ureditve ne zadoščajo za varnost pred visokimi vodami povratne dobe 100 let, saj so se razmere zaradi posegov v hidrološki režim tako vodotoka kot zaledja precej spremenile. Po nekaterih ocenah je preoblikovanih 70 % celotne struge Kamniške Bistrice, kar je zelo veliko (Ogrin, 2017). Večina nekdanjih širokih poplavnih ravníc Kamniške Bistrice je zaradi regulacijskih posegov skoraj povsem izginila, pa tudi velik del mokrih travnikov in močvirij se je izsušilo, kar je odtočni režim še poslabšalo. Večina današnjih poplavnih površin je v kmetijski rabi, delno pa so to tudi naseljena območja. Širše poplavno območje danes obstaja le še na odseku Kamniške Bistrice pod Ihanom do ceste proti Litiji, vendar se tudi to območje nezadržno krči zaradi ukrepov za preprečevanje poplavljanja območij naselij Zaboršt in Videm v občini Dol pri Ljubljani.

5.3.1 Varstvo pred poplavami danes

Varstvo pred poplavami temelji predvsem na trajnem ohranjanju naravnih razlivnih površin visokih voda izven naselij, to je ohranjanju poplavnega sveta ob strugi. Problem ogrožanja naselij in drugih infrastrukturnih objektov se zato rešuje predvsem s kompenzacijskimi ukrepi kot so usposobitev nekdanjih ali novih dolinskih retencijskih površin in gradnja zadrževalnikov višje od kritičnih območij. Med leti 2017 in 2021 je bilo na Kamniški Bistrici v teku več del, kot na primer ureditev Kamniške Bistrice od izliva do Domžal, v Biščah in od Volčjega potoka do Kamnika ter zadrževalnik na Tunjščici (Komenda), na Pšati (Komenda) in na Knežjem potoku (Komenda) (Medmrežje 26).

6 Poplave 4. avgusta 2023

Meteorološka prognoistična služba je glede na vremensko sliko nad Evropo in napovedi meteoroloških modelov 3. avgusta ob 9. uri izdala prvo opozorilo pred nalivi in obilnimi padavinami: »Od danes nekje od sredine popoldneva do sobote zjutraj bodo krajevno možni močnejši in tudi dolgotrajni nalivi. Tudi v soboto bodo padavine kar izrazite, ne bo pa več nevihtno. V nedeljo bodo ponovno plohe in nevihte, a ne tako intenzivne in tudi količina padavin bo manjša.« (Medmrežje 14).

Najprej je bilo za obdobje od četrтка pozno popoldne do sobote dopoldne izdana druga najvišja (oranžna) stopnja vremenskega opozorila za večino regij. Zaradi resnosti vremenske situacije in pričakovane zaostritve opozorila (v najvišjo, rdečo stopnjo) je ARSO v četrtek, 3. avgusta, ob 13. uri v sodelovanju z MORS, DRSV in Geološkim zavodom sklical novinarsko konferenco in javnost seznanil z napovedanim nevarnim vremenskim dogajanjem. V petek zgodaj zjutraj (ob 5.30) so stopnjo vremenske ogroženosti za obe severni regiji in osrednjo Slovenijo dvignili na najvišjo (rdečo) stopnjo, ob 9. uri pa tudi za jugovzhodni del Slovenije. Vremensko opozorilo je bilo izdano tudi za nedeljo popoldne, 6. avgusta, in sicer druge najvišje stopnje za vso Slovenijo.

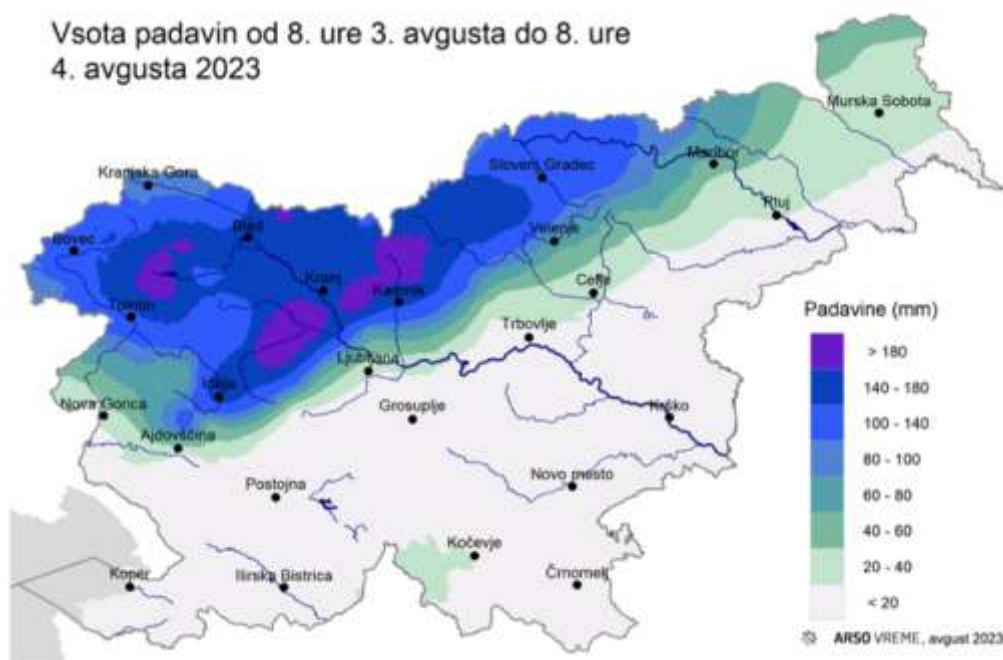
Kljub izdanim opozorilom je stopnja in intenziteta nalivov in predvsem poplav presenetila meteorologe.



Slika 16: Napoved visokovodnih razmer za 4. avgust 2023 (Vir: Medmrežje 15)

6.1 Hude ure so se približevale

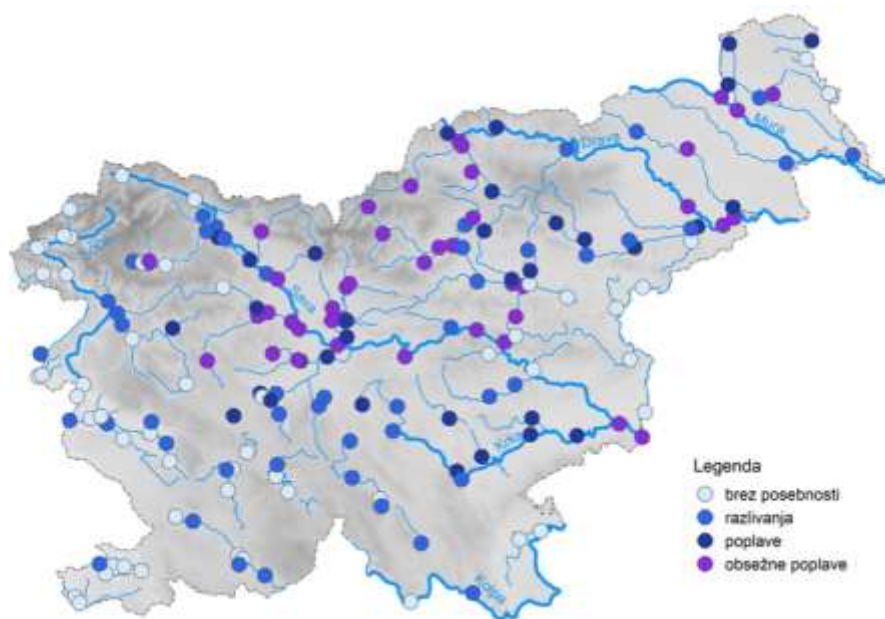
V četrtek, 3. avgusta, se je višinska dolina s hladnim atlantskim zrakom iznad zahodne Evrope pomaknila proti jugu nad zahodno Sredozemlje, vremenska fronta je valovila prek Alp, krepil se je jugozahodni veter. V petek, 4. avgusta, je višinska dolina zajela tudi severno in osrednje Sredozemlje. Ob tem je nad severnim Sredozemljem nastalo plitvo ciklonsko območje, vremenska fronta pa se je nad Slovenijo zadrževala od noči na petek pa vse do sobote dopoldne – torej skoraj 36 ur. Padavine z nevihtami in močnimi nalivi, ki so se stalno ponavljali, so v noči na petek zajele predvsem južno predgorje Julijskih Alp ter Idrijsko, Polhograjsko, Gorenjsko, Koroško in Zgornje savinjsko dolino. V manj kot 12 urah je v pasu najmočnejših padavin padlo od 150 do 200 litrov padavin na kvadratni meter (Medmrežje 16). Težišče padavin se je iznad zahodne in osrednje Slovenije v soboto počasi pomikalo nad vzhodne in jugovzhodne kraje. Dež je s pomikom ciklona proti vzhodu v soboto popoldne oslabil in v noči na nedeljo prehodno ponehal. Že v nedeljo čez dan nas je od zahoda prešla nova vremenska fronta s plohami in nevihtami, a so bile padavine le krajevno obilne.



Slika 17: Zemljevid dnevne (24-urne) višine padavin do 8. ure 4. avgusta na podlagi meritev meteoroloških postaj. (vir: Medmrežje 17)

Reke so se odzvale zelo silovito, zgodili so se masovni premiki zemljin oz. nerealni procesi erozije. Na več merilnih postajah so bile 4. avgusta izmerjene rekordne dnevne vrednosti padavin. Ocenjena povratna doba izrednih padavin je tudi 250 let ali več. Visokovodne vrednosti pretokov ali vodostajev so bile presežene na 122 vodomernih postajah ARSO na 74

rekah po Sloveniji. Rekordni pretoki so bili izmerjeni na 31 vodomernih postajah (Medmrežje 16). Tri največje slovenske reke – Sava, Drava in Mura – so poplavljalje istočasno. Celotna situacija se je zgodila v izredno kratkem času. V beleženi zgodovini ni še bilo takega pojava.



Slika 18: Prikaz preseženih visokovodnih vrednosti pretokov ali vodostajev na vodomernih postajah v času poplavnega dogodka med 4. in 8. avgustom 2023 (vir: Medmrežje 17)

POSTAJA	v mm	POSTAJA	v mm
Krtina	89	Krvavec	165
Brdo pri Lukovici	89	Jablje	106
Letališče Brnik	198	Tunjice (Laniše)	214
Kamnik Zaprice	66	Loka pri Mengšu	73

Tabela 1: Dnevna količina padavin 4. 8. 2023 v nekaterih krajih blizu Kamnika (vir: Pavšek, 2023)

Tabela 1 prikazuje dnevno količino padavin v nekaterih krajih osrednje Slovenje, 4. 8. 2023. Razvidno je, da je bila količina padavin izredno visoka, v večini krajev je bila celo podobna mesečni količini padavin. Meritve za Krvavec predstavljajo interval z največ padavinami 4. avgusta v dolžini samo 11 ur, ostale predstavljajo vrednost za 24 ur. V Tunjicah je vrednost presegla več kot 200 mm. Te ekstremne padavine so bile v kombinaciji s predhodno namočenostjo tal usodne.

4. avgusta 2023 se je Slovenija skupaj s Kamnikom prebudila v jutro, kakršnega do takrat še ni doživela. Rekordna količina padavin, ki je takrat padla v severnem delu države je v nekaj urah napolnila vodotoke in sprožila hudournike kakršnih prebivalci še niso pomnili. Ljudje so se znašli v vaseh v celoti prekritih z debelo plastjo proda in mulja z uničeno lastnino in zaradi uničene infrastrukture dobesedno odrezani od sveta.



Slika 19: Vodostaj Kamniške Bistrice 4. 8. 2023 (vir: Medmrežje 18)

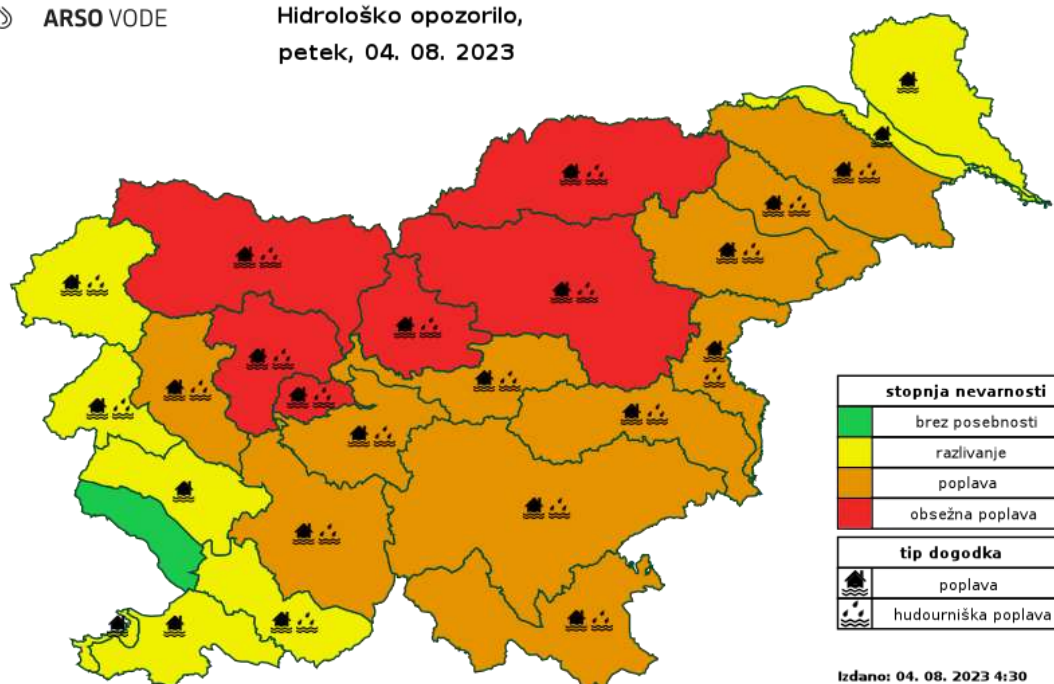
Iz slike 20 je razviden tudi hiter poskok v vodostaju, ki je bil merjen na postaji Vir Kamniške Bistrice 4. 8. 2023, ta je povzročil tako intenzivne poplave. Pretok se je začel večati že 4. 8. 2023 okoli polnoči. V približno šestih urah je pretok Kamniške Bistrice izredno narasel in povzročil intenzivne erozijske procese in poplavljanje. Nato se je pretok v naslednjih dneh postopoma manjšal do normalnega stanja.

Ministrstvo za obrambo Republike Slovenije je aktiviralo načrt Vihra, ki je v intervencijo vključil pomoč Slovenske vojske. Na več poplavljenih območjih so delovali helikopterji. Sestal se je tudi štab republiške civilne zaščite. Slovenska vojska se je na terenu odpravila z oklepnimi vozili. Evropska unija je izrazila pripravljenost na možno aktivacijo mehanizma za civilno pomoč. Na poplavljenih območjih v Sloveniji je bilo okrog 16.000 ljudi brez elektrike. Zaradi kalitve vodnih sistemov je bilo odrejeno prekuhavanje vode.



Slika 20: Poplave v Kamniku avgusta 2023
(vir: Medmrežje 19)

Prizadeti sta bili dve tretjini slovenskega ozemlja, pri čemer je bilo največ škode na cestni, energetski in bivalni infrastrukturi. Ocenjena škoda poplav znaša 9,9 milijarde evrov (Medmrežje 20).



Slika 21: Hidrološko opozorilo 4. 8. 2023 ob 4:30h (vir: Medmrežje 21)

V Kamniku in veliko drugih občinah so se oglasile sirene za nevarnost pred zemeljskimi plazovi in poplavami. V več občinah je bil razglašen večji obseg intervencij, na območju občin Kamnik in Komenda pa splošna nevarnost.



Slika 22: Poplave 4. 8. 2023 v Kamniku (vir: Medmrežje 19)

Primarno vodovodno omrežje v Kamniku je bilo zaradi naraslih voda poškodovano na nekaj mestih. Številne ceste so bile zaprte in neprevozne zaradi obilnih padavin, ki so povzročale poplave in prožile zemeljske plazove. Zaprte so bile regionalna ceste v dolini Črne in prek Črničca, v Soteski je bila neprevozna regionalna cesta Kamnik – Ločica, prav tako tudi Stranje – Kamnik, ceste v Tunjicah in številnih drugih krajev na Kamniškem. Po podatkih civilne zaščite so poplave v Kamniku terjale tudi smrtno žrtev, ki naj bi bila ženska srednjih let. Voda naj bi jo odnesla na območju Bistričice oz. Zakala.

Nekatere reke v zgornjem toku so začele upadati in se vračati v svoje struge. So se pa zaradi razmočenosti zemljine začeli množično prožiti zemeljski plazovi, ki so ogrožali hiše in ceste.

Na podlagi Zakona o varstvu pred naravnimi nesrečami je bila odrejena prepoved približevanja vsem vodotokom in stoječim vodnim površinam v Občini Kamnik razen pooblaščenim osebam, ki so aktivirane kot sile zaščite, reševanja in pomoči.

Med kraji v občini Kamnik, ki jih je neurje najbolj prizadelo, so tudi vasi in zaselki v dolini Črne, do katere je bil normalen dostop, spričo številnih plazov in uničenih cest, nemogoč. Reševalne ekipe so se, tudi ob tehnični pomoči vojakov Slovenske vojske, v spodnji del doline poskušali prebiti iz smeri Stahovice. Neurje je huje prizadelo naselje Krivčevo, Črna in Potok. Posamezne objekte so plazovi in voda ogrožali tudi na Žagi, v Kališah in Podlomu. Neprevozne so bile ceste v Črni, Krivčevem, Žagi in Kališah. Na varno je bilo v naselju Črna, Potok, Krivčevo in Žaga evakuiranih okoli 50 oseb (Medmrežje 38).

S pomočjo helikopterja policije sta si plaz pod planino Osredek (Bistričice, Zakala in drugih zaselkov pod Kamniškim vrhom) ogledala geomehanik in geolog. Podano je bilo mnenje, da ni dodatne nevarnosti za prebivalce nižje ležečih vasi in zaselkov. Kasneje se je oktobra 2023 sprožil tudi plaz Blate.

Vse gasilske enote prostovoljnih gasilskih društev Kamnik so bile na terenu, poleg tega so kamniškim gasilskim enotam pomagali tudi gasilci Šempetra, Cerčna, Nove Gorice in Idrije. Preko 300 gasilk in gasilcev je bilo na terenu, aktivirana je bila Slovenska vojska in pogodbeni podjetja. Občina Kamnik je dobila podporo Uprave Republike Slovenije za zaščito, reševanje in pomoč. Društvo GRS Kamnik pa je opravljalo naloge evakuacije in pomoč pri usmeritvah s helikopterskim reševanjem.

Katastrofalne poplave 4. 8. 2023 so v Kamniški občini povsem uničile deset stanovanjskih objektov in jih poškodovale skoraj 700. Podrtih ali poškodovanih je bilo šest mostov. Voda je porušila most na državni cesti v Stranjah. Najbolj so bile prizadete doline Kamniške Bistrice, Črne in Bistričice, območje Tunjic in vzhodni del Šmarce. Občinski svet je zagotovil 4,1 milijona evrov za odpravo posledic naravnih nesreč.



Slika 23: Gasilska ekipa na terenu, 6. 8. 2023 (vir: Medmrežje 19)

6.2 Poplavljen območja ob reki Kamniški Bistrici

Večino označevanja in pregledovanja spremenjenega toka reke Kamniške Bistrice in plazov smo opravili v računalniškem okolju QGIS. QGIS je programska oprema, s pomočjo katere lahko uporabnik izvaja številne napredne analize prostora, ureja podatke o prostoru ter tako izdeluje uporabne zemljevide. Spada med kategorije ostalih GIS-ov. Kratica pomeni geografski informacijski sistem.

V QGIS okolju so podatki podani v podatkovnih slojih. Ločimo:

Vektorski podatki v GIS okolju uprizarjajo značilnosti pokrajine. Vektorske oblike za uprizoritev uporabljajo geometrijo iz več medsebojno povezanih oglišč. Lahko imajo obliko točk, linij ali poligonov. Kot točke lahko npr. prikažemo lokacije plazov, kot linije mejo občine, kot poligone pa površine plazov in poplavljenih območij.

Rastrski podatki so sestavljeni iz mreže pikslov oz. celic. Vsaki od njih je pripisana določena vrednost. So veliko bolj uporabni za uprizarjanje značilnosti površine kakor homogeni poligoni. Rastrji so bolj ali manj natančni, s celicami ki so lahko velike 1 m X 1 m, 12 m X 12 m, 25 m X 25 m... Vsi deli take celice imajo enak podatkovni zapis – npr. stopnjo plazovitosti.

Poplavljen površine v kamniški občini lahko razdelimo na dve kategoriji:

1. Nizka območja poplavljen zaradi dviga talne vode
2. Nizka območja ob strugi, ki jih je poplavlila reka

Osredotočili smo se na površine, ki jih je poplavlila reka. Ker karta poplavljenih območij po ujmi 2023 še ni bila narejena, smo se odločili površino označiti sami. Pri tem smo si pomagali z letalskimi posnetki oziroma digitalnimi ortofoto posnetki (DOF) posnetimi med 7. in 8.

avgustom 2023. Označevali smo območja, kjer je reka odložila sediment. V računalniškem programu QGIS smo pregledali območje vzdolž celotne struge Kamniške Bistrice. Mejo območja smo določili do tja, kjer se je jasno videla meja območja pokritim s sedimentom. V podatkovni sloj smo vnašali poligone in jih združili v celoto.

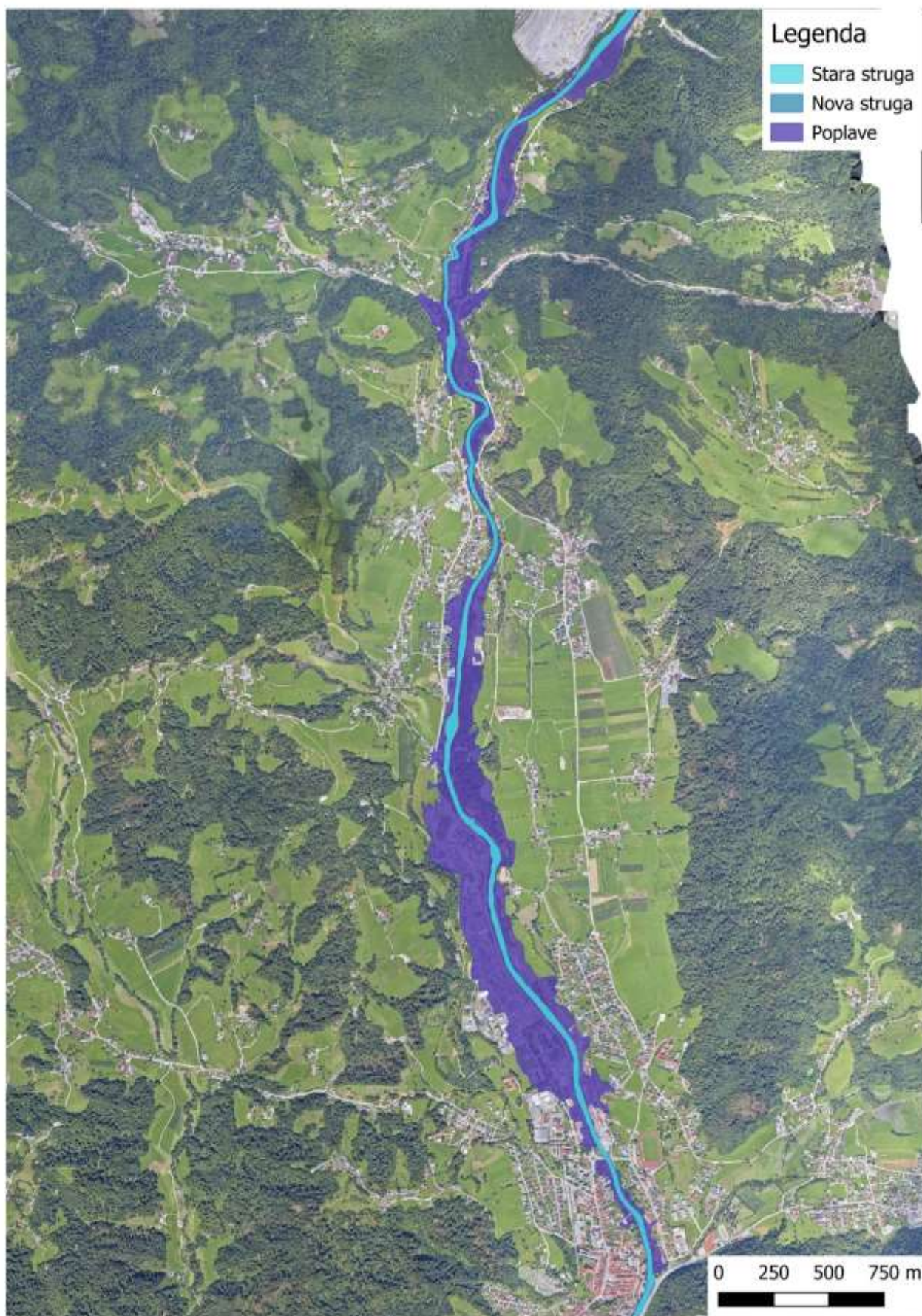
Takšna metoda je manj natančna, saj je včasih težko določiti mejo zaradi gozda ter stanovanjskih in podjetnih poslopij. Pomagali so nam občani Kamnika, ki so jih poplave prizadele.

6.3 Poplavljen območja ob reki Kamniški Bistrici

Spodnji zemljevid prikazuje poplavljen območja ob reki Kamniški Bistrici dne 4. 8. 2023.

Označevanja poplav smo se lotili v računalniškem okolju QGIS s primerjavami kart ortofoto RGB in LIDAR v tehniki osenčenega reliefa s kartami iz leta 2014. Delo je bilo skrajno zamudno, saj je bilo treba pregledati ravnice ob 15 km dolgem odseku reke v občini Kamnik. Površino območja, ki ga je poplavela Kamniška Bistrica smo tako določili na 1.49 km².

Ena izmed največjih poplavljenih območji Kamniške Bistrice so bila območje Stahovice, nekdanje tovarne »Borotana«, območje tovarn ETA in Svilanita ter območje Šmarce z Nožicami.



Zemljevid 2: Obseg poplav v zgornjem toku Kamniške Bistrice do Kamnika (Avtor: Miha Bogataj)



Zemljevid 3: Obseg poplav v toku Kamniške Bistrice od Kamnika do južne meje občine Kamnik (Avtor: Miha Bogataj)

6.4 Primeri poplavljenih območij

V tem delu predstavljamo štiri primere najbolj poplavljenih območij ob reki Kamniški Bistrici. To so:

6.4.1 Poplavljeno območje na meji Domžalske in Kamniške občine (Šmarca)

Eno izmed poplavljenih območij je bilo na jugu Šmarce, ki leži na desnem bregu Kamniške Bistrice. Ta se na severu stika z Duplico, na jugu pa z Nožicami. Po poročanju lokalnega prebivalstva in medijev se je zaradi neustreznega protipoplavnega nasipa na levem bregu Kamniške Bistrice voda namesto na neposeljeno območje na levem bregu, razlila po naseljih Šmarce in Nožice, zaradi česar so morali prebivalci Šmarce zapustiti svoje domove.

Direkcija RS za vode je konec oktobra začela izvajati intervencijske ukrepe na porečju Kamniške Bistrice. Jeseni 2023 so začeli z izgradnjo novega protipoplavnega intervencijskega nasipa v dolžini 300 metrov in širine 14 metrov. Zgrajen je iz gramoznega materiala in z glinenim jedrom. Ocena stroškov intervencijskega nasipa znaša okoli 672.000 evrov. Končan je bil februarja 2024.

Na območju, prikazanem na karti (700 m X 450 m), je bilo večino škode povzročene na desnem bregu. Poplavljena je bila tovarna za proizvodnjo pogrebne opreme Menina in približno 20 stanovanjskih objektov. Reka je območje prekrila z debelo plastjo mulja.



Zemljevid 4: Nanešeno rečno gradivo na poplavljenem območju v Šmarci (Avtor: Miha Bogataj)



Zemljevid 5: Poplavljeno območje v Šmarci (Avtor: Miha Bogataj)



Slika 24: Zračni posnetek poplavljene Šmarce (vir: Medmrežje 19)



Slika 25: Nov protipoplavni nasip v Šmarci, april 2024 (Avtor: Veronika Tonin)



Slika 26: Kamniška Bistrica v Šmarci (vir: Medmrežje 22)

Zanimivo je, da je bilo to območje že v preteklosti predmet javnih razprav, zlasti po obsežnejših poplavih v Šmarci. Po informacijah iz medijev se je struga Kamniške Bistrice z leti precej dvignila in je že v letu 2014 obstajala potreba po poglobitvi in čiščenju struge, s čimer bi se preprečilo izlivanje vode ob poplavih. Občina Kamnik je javno opozarjala, da težave glede urejanja vodotokov izvirajo iz zakonodaje, in izpostavila, da je slednje v pristojnosti države, ki pa nima dovolj sredstev za vzdrževanje struge. Spremembe je prinesla kasnejša sanacija za zagotovitev poplavne varnosti. Saniral se je nasip v Šmarci in izvedli so se začasni interventni ukrepi za razbremenjevanje na levem bregu Kamniške Bistrice, območje pa je še zmeraj ostalo poplavno ogroženo. Ukrepi niso bili zadostni, kar se je pokazalo tudi ob poplavih v letu 2017, ko je bil prizadet desni breg, zaradi česar se je pričelo s pripravo dodatnih sanacijskih ukrepov.

6.4.2 Poplavljeno območje ETA, Svilanit

Poplavljeno je bilo tudi območje, kjer sta tovarni ETA in Svilanit, na desnem bregu Kamniške Bistrice. Na karti, ki prikazuje površino 375 m X 500 m je razvidno, da je bilo v celoti poplavljeno poslopje obeh tovarn, skupaj s štirimi stanovanjskimi objekti. Na levem bregu se nahaja tudi območje, ki ga je poplavlil pritok, katerega med poplavna območja Kamniške Bistrice nismo šteli.

Območje okoli obeh tovarn na opozorilni karti poplav spada pod kategorijo »redka območja poplavljanja« (Medmrežje 23).



Zemljevid 6: Poplavljeno območje poslopij tovarn ETA in Svilanit (Avtor: Miha Bogataj)



Slika 27: Poplavljeno območje ob podjetju Zarja Elektronika d.o.o. (vir: Medmrežje 24)



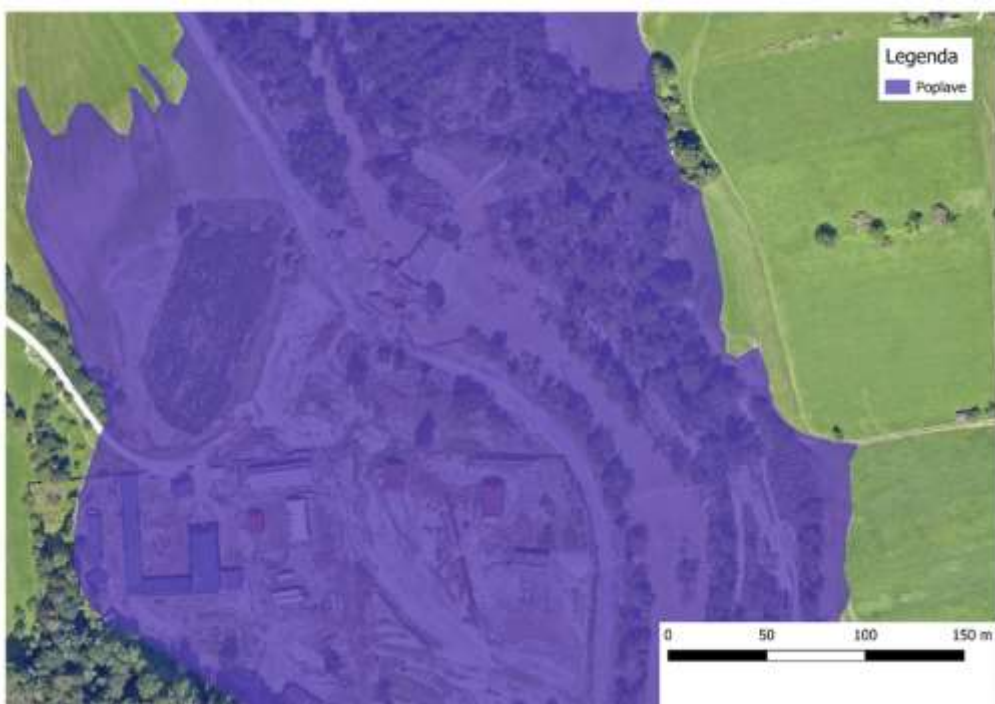
Zemljevid 7: Poplavljeno območje poslopij tovarn ETA in Svilanit (Avtor: Miha Bogataj)

6.4.3 Poplavljeno območje »Borotana«

Poplavljeno je bilo območje na obeh bregovih Kamniške Bistrice do ježe prve rečne terase. Na desnem bregu je bilo pod vodo celotno poslopje SMJ Tehnike in Gorske reševalne službe Kamnik.



Zemljevid 8: Poplavljeno območje »Borotana« (Avtor: Miha Bogataj)



Zemljevid 9: Poplavljeno območje »Borotana« (Avtor: Miha Bogataj)

Veliko vlogo pri povzročni škodi je imel Veliki jez na Kamniški Bistrici. Zaradi slabega nadzora se zapornice 4. 8. 2023 niso dovolj odprle. Jez pretoka 300 kubičnih metrov na sekundo ni uspel zadržati, zato se je voda razlila čez bregove in okoli jezu izdolbla novo strugo.

Jez je bil 27. oktobra 2023 zaradi obilnejših padavin ponovno na robu zmogljivosti. Zaradi pretoka 100 kubičnih metrov na sekundo se je voda skoraj prelila čez rob.



Slika 28: Zračni posnetek poplavljenega območja okoli Velikega jezua (vir: Medmrežje 19)



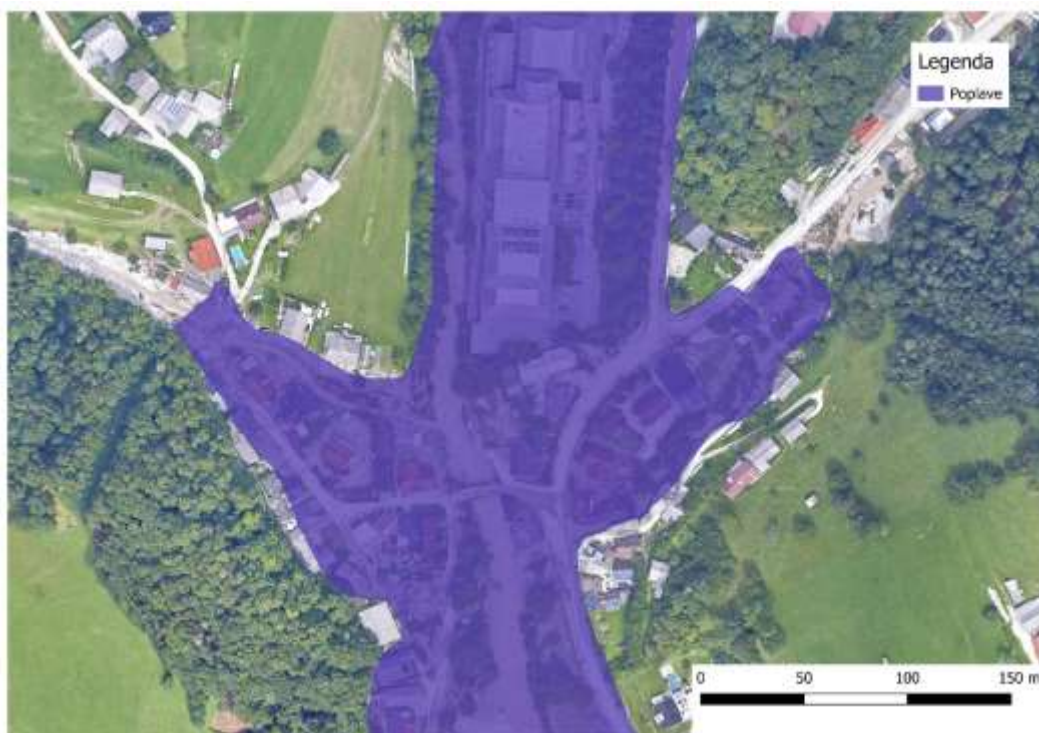
Slika 29: Poplavljanje ob Velikem jezua, 4. 8. 2023 (vir: Medmrežje 40)

6.4.4 Poplavljeno območje v Stahovici

Poplavljeno je bilo območje na obeh bregovih Kamniške Bistrice. Na karti je prikazano jedro Stahovice, ki je bilo najbolj na udaru. Leži na sotočju Bistričice, Kamniške Bistrice in Črne. Vsem trem rekam je na dan ujme rekordno narasel pretok, s seboj pa so prinesle tudi veliko mulja, proda in peska. Še danes se veliko objektom na fasadi pozna najvišja gladina vode. Na območju prikazanem na zemljevidu (stranice 375 m X 500 m) je bilo poplavljenih približno 30 stanovanjskih objektov. Tovarne za izdelavo kalcijevih karbonatnih polnil Calcit zaradi višje lege na terasi nad bregom poplave niso dosegle.



Zemljevid 10: Poplavljeno območje v Stahovici (Avtor: Miha Bogataj)



Zemljevid 11: Poplavljeno območje v Stahovici (Avtor: Miha Bogataj)



Slika 30: Kupi proda ob Kamniški Bistrici, 5. 10. 2023 (Avtor: Manca Pristavec)



Slika 31: Vidna črta najvišje gladine poplavne vode, 5. 10. 2023 (Avtor: Manca Pristavec)



Slika 32: Označena meja najvišje gladine poplavne vode, 5. 10. 2023 (Avtor: Manca Pristavec)

6.4.5 Poplavljeno območje Krivčevo in Žaga (Volovljek, pritok Črne)

Naselje Krivčevo leži na severovzhodu občine Kamnik. Čez naselje teče majhen potok Volovljek, ki je pritok Črne in izvira pod Veliko planino. 4. 8. 2023 se je spremenil v hudournik in popolnoma opustošil Krivčevo. Na tem območju se je sprožilo tudi več plazov. V vasi Žaga je plaz v celoti zasul eno izmed hiš.

S spodnjimi slikami je prikazana nevarnost majhnih gorskih potokov v času ujm. Te potoki v dolino prinesejo veliko materiala iz višje ležečih planot, kar lahko zelo spremeni tamkajšnji relief in povzroči veliko škode na infrastrukturi in stanovanjskih objektih.



Slika 33: Krivčevo, junij 2023 (vir: Medmrežje 41)



Slika 34: Krivčevo, 4. 8. 2023 (vir: Kaja Spruk)



Slika 35: Škoda v Krivčevem, avgust 2023 (vir: Kaja Spruk)

Po ujmi avgusta 2023 so strugo potoka Volovljek regulirali in začeli s sanacijo plazov na Krivčevem in v Žagi.



Slika 36: Regulirana struga Volovljeka (vir: Kaja Spruk)

7 Spremembe struge

Po avgustovski ujmi je Kamniška Bistrica poleg poplavljanja temeljito spremenila tudi struge. Za reko je značilna izrazito regulirana struga z bregovi, ki so v naseljih pogosto utrjeni. Struga se je največkrat spremenila v meandrih, kjer je imel stržen reke največji kot glede na breg. Na spremembe so odločilno vplivali tudi »jezovi«, ki niso prepuščali zadostne količine vode, zato je reka izdolbla novo strugo okoli njih, kot na primer Veliki jez v Kamniku. Med letoma 2014 in 2023 Kamniška Bistrica ni doživela izrazitega preoblikovanja zaradi ujm in naraslega toka.

Površino odnesenih bregov smo ugotovili tako, da smo izračunali razliko med površino stare in nove struge. Program je površino ročno označenega poligona stare struge izmeril kot približno 300 000 m² in nove kot 340 000 m². Če ti površini odštejemo dobimo, da je bila površina odnesenih bregov približno 40 000 m² oz. 4 ha. Struga se je torej razširila za dobrih 13%. Najbolj intenzivne spremembe na strugi Kamniške Bistrice so nastale v spodnjem toku (Šmarca, Nožice) in tudi v zgornjem toku, kjer so reko s prodom intenzivno zasovali gorski hudourniki in vplivali na njen tok.

7.1 Primeri območij z najbolj spremenjeno strugo

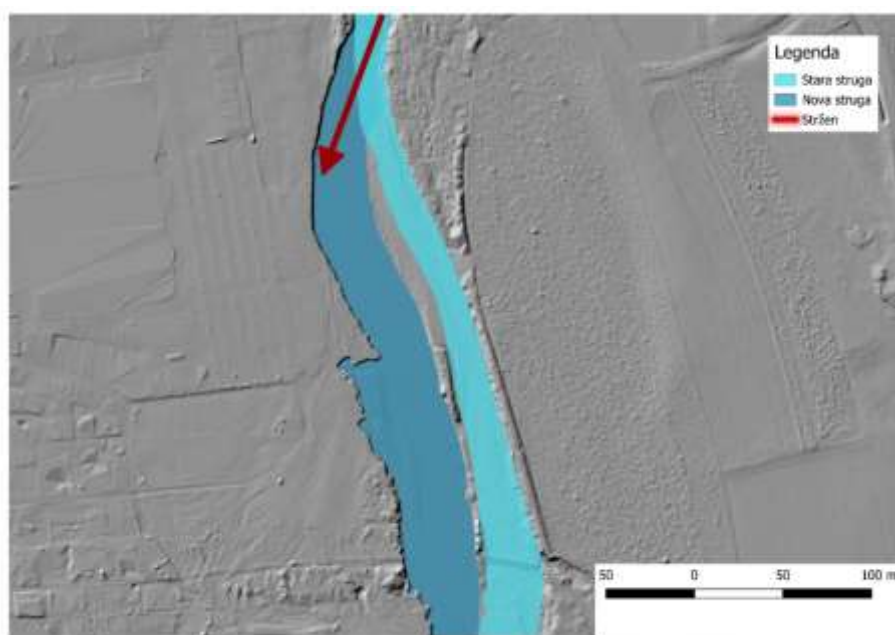
V tem delu raziskovalne naloge predstavljamo primere, kjer je Kamniška Bistrica svojo strugo najbolj spremenila.

7.1.1 Spremenjena struga v Šmarci

Izrazita sprememba struge se je zgodila v spodnji Šmarci. Struga se je tam za celotno širino prestavila proti zahodu. Breg na katerega je pod večjim kotom naletel stržen toka reka, ni bil zadostno utrjen. Odnoslo je tudi celoten gozd, ki je poraščal breg in velik odsek kolesarske steze. Posledica tega so bile poplave, ki so prizadele večino naselja Nožic.



Zemljevid 12: »Stara« struga (2014) v tehniki osenčenega reliefa (Avtor: Miha Bogataj)



Zemljevid 13: Sprememba struge Kamniške Bistrice v Šmarci (Avtor: Miha Bogataj)

7.1.2 Območje Slovenia Eco Resort

Velika škoda je bila povzročena tudi na levem bregu Kamniške Bistrice v kraju Godič. Tam je reka odnesla večino zgornjega dela turistično rekreativnega centra Eco resort. Na spremembo toka je imela odločilen pomen lega ob levem meandru in redka poraščenost ter neutrjenost že tako nizkega brega.



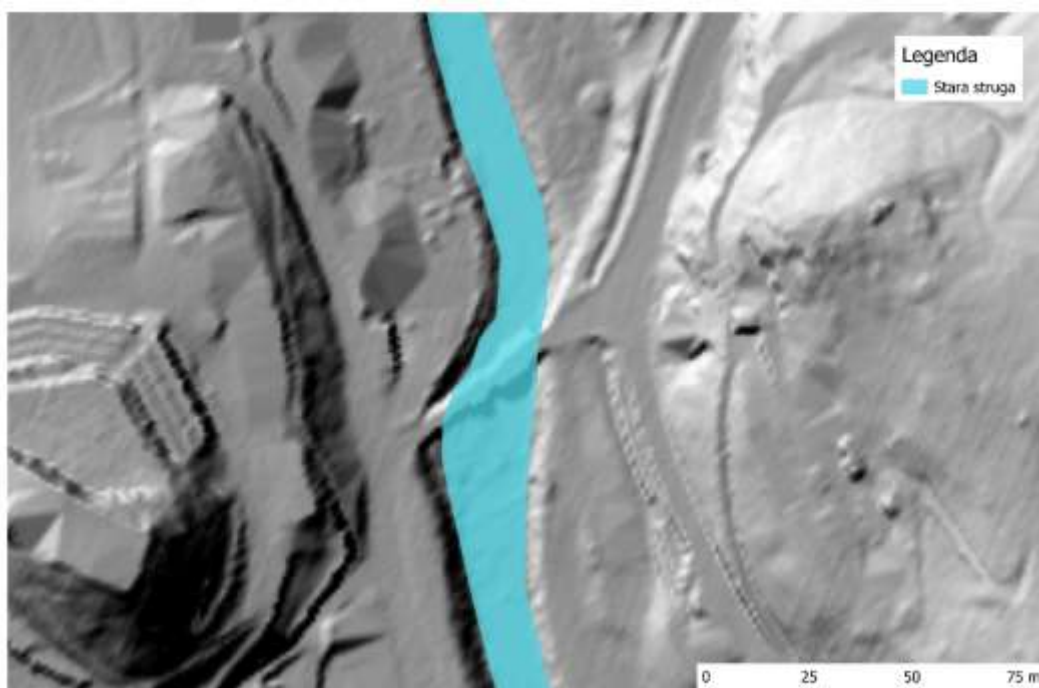
Zemljevid 14: »Stara« struga Kamniške Bistrice v Godiču (Avtor: Miha Bogataj)



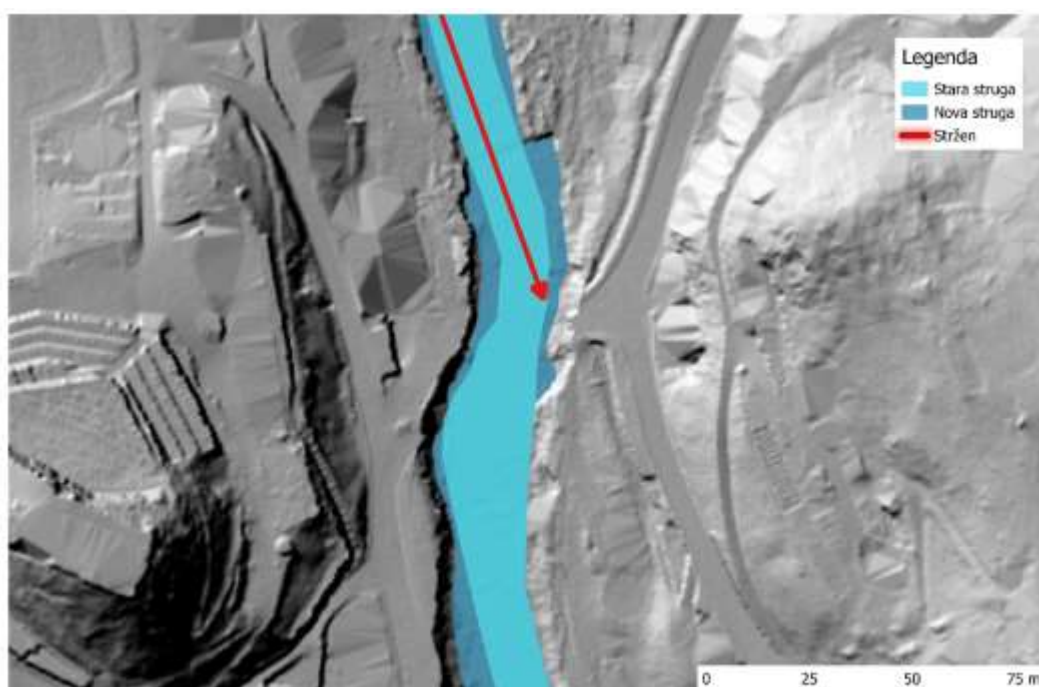
Zemljevid 15: Sprememba struge Kamniške Bistrice v Godiču (Avtor: Miha Bogataj)

7.1.3 Most v Zgornjih Stranjah

Most na državni cesti v Zgornjih Stranjah je bil uničen. Nahaja se v zoženem območju ravnice okoli Kamniške Bistrice na njenem desnem meandru. Objekt na desnem bregu je bil nelegitimno in nelegalno postavljen v vodno zemljišče. Stržen reke je že tako imel veliko hitrost ob levem bregu, zid oz. parkirišče pa je ovira in posledično je hitrost vodnega toka še toliko bolj povečal. Stržen se je odbil v levi breg ter poškodoval temelje mosta, ki se je kasneje zrušil.



Zemljevid 17: »Stara« struga (2014) v Zgornjih Stranjah v tehniki osenčenega reliefa



Zemljevid 16: Sprememba struge Kamniške Bistrice v Zgornjih Stranjah z označenim strženom reke v tehniki osenčenega reliefa



Slika 37: Porušen most v Stahovici (vir: Medmrežje 25)

7.2 Ukrepi za protipoplavno varnost

7.2.1 Izhodišča za načrtovanje ukrepov zmanjševanja poplavne ogroženosti

Iz Predhodne ocene poplavne ogroženosti Republike Slovenije iz leta 2019 (Medmrežje 26) je razvidno, da je Kamniška Bistrica v preteklosti že večkrat poplavljala (1927, 1933, 1962, 1964, 1990, 2005, 2007, 2014, 2017).

Najhujše poplave, in tudi izguba človeških življenj, so bile zabeležene ob poplavah v letu 1933: *»Bistrica je odnesla več brvi in mostov ter jezov in dele ceste nad Kamnikom. Odnesele je tudi most med Stahovico in Bistričico in z njim nekaj ljudi, ki so ostali na njem in opazovali podivjano vodo.«*

V častniku Jutro je bil 24. 9. 1933 objavljen naslednji zapis (Medmrežje 27): *»Kamniška Bistrica je s poplavo napravila precejšnjo škodo, ki pa jo bomo mogli oceniti šele, ko bo voda upadla. V gornjem teku je posebno prizadejala nekatere posestnike, ki jim je pobrala precej lesa. V spodnjem teku pod Kamnikom pa je preplavila vse travnike in nanese nanje velike množine peska. Obrežje Bistrice je ponekod prav slabo zavarovano in voda napravlja ob vsaki podobni priliki veliko škodo. V zadnjih treh letih je odnesla samo na Perovem na 1 ha rodovitnega sveta. Tudi iz drugih koncev kamniškega sreza poročajo o poplavah, kakršnih že dolgo ne pomnijo. V Mosteh pri Komendi je drla voda pol metra visoko po cesti, da je avtobus komaj speljal naprej. Voda je vdiral v hiše in hleve ob cesti. Med Trzinom in Črnučami je bila državna cesta na treh krajih preplavljena. Na Duplici pri tovarni Remec je Bistrica že v petek dopoldne zelo ogrožala most. Nanesla je veliko množino dreves, ki so se zagostila med stebre dolgega lesenega mostu, preko katerega vodi banovinska cesta v Radomlje. Pritisk na most je bil tako hud, da se je že*

kmalu popoldne nagnil. Reševalci so se zaman trudili, da bi ga rešili. Voda je most porušila ter za dalj časa pretrgala zvezo Duplice z Radomljami. V gornjem toku Kamniške Bistrice je voda precej poškodovala novozgrajeno cesto. Pred Stahovico je podrla v petek zvečer 4 metre visok Erjavškov jez in izpodkopala bregove. V veliki nevarnosti sta bila lesena mostova na občinski cesti Stahovica - Bistričica preko Bistrice in na banovinski cesti Kamnik - Gornji grad preko Črnega potoka.«.

Tudi ob branju zapisov, ustnega izročila in zgodovinskih virov je razvidno, da so se poplave na področju Kamniške Bistrice vsekakor pojavljale tudi v preteklosti. Celo Janez Vajkard Valvasor v svojih zapisih omenja tako naravno nesrečo, da naj bi se »utrgal oblak«, strahotno deževje pa naj bi nato povzročilo poplavljanje Mengeškega polja uničenje samostana med Homcem in Mengšem (Klobčar, 2015, str. 84).

7.2.2 Načrtovanje zmanjševanja poplavne ogroženosti

Na podlagi predhodnih ocen poplavne ogroženosti je vlada Republike Slovenije pripravila Načrt za zmanjševanje poplavne ogroženosti 2017-2021 (Medmrežje 26). Kamniška Bistrica je v okviru načrta opredeljena kot voda prvega reda na porečju Kamniške Bistrice. Iz Načrta izhajajo ugotovitve, da je porečje Kamniške Bistrice neustrezno pokrito z mrežo avtomatskih meteoroloških postaj (predvsem na vzhodnem in osrednjem delu porečja). Avtomatskih hidroloških postaj je v okviru porečja kar nekaj, vseeno pa bi bilo treba potrebno preveriti smiselnost vzpostavitve novih lokacij avtomatskih hidroloških postaj na hidravlično ustreznem mestu na porečjih Radomlje, Nevljice in zgornjega toka Kamniške Bistrice ter na OPVP-jih Nožice, Komenda-Moste Suhadole.

Dodatna ugotovitev je bila, da je porečje Kamniške Bistrice s sirenami za alarmiranje v času poplav pokrito povsem neustrezno, zato se je načrtovala vzpostavitev večjega števila novih lokacij za sirene ob skorajda celotnem glavnem toku Kamniške Bistrice na OPVP-jih Stahovica-Kamnik, Nožice, Domžale, Ihan in tudi ob izlivu v Savo. Dodatne sirene za alarmiranje je treba vzpostaviti tudi na OPVP-ju Komenda – Moste – Suhadole. Razvidni so naslednji projekti na porečju Kamniške Bistrice, katerih skupna ocenjena vrednost je skupaj znašala 6 milijonov evrov:

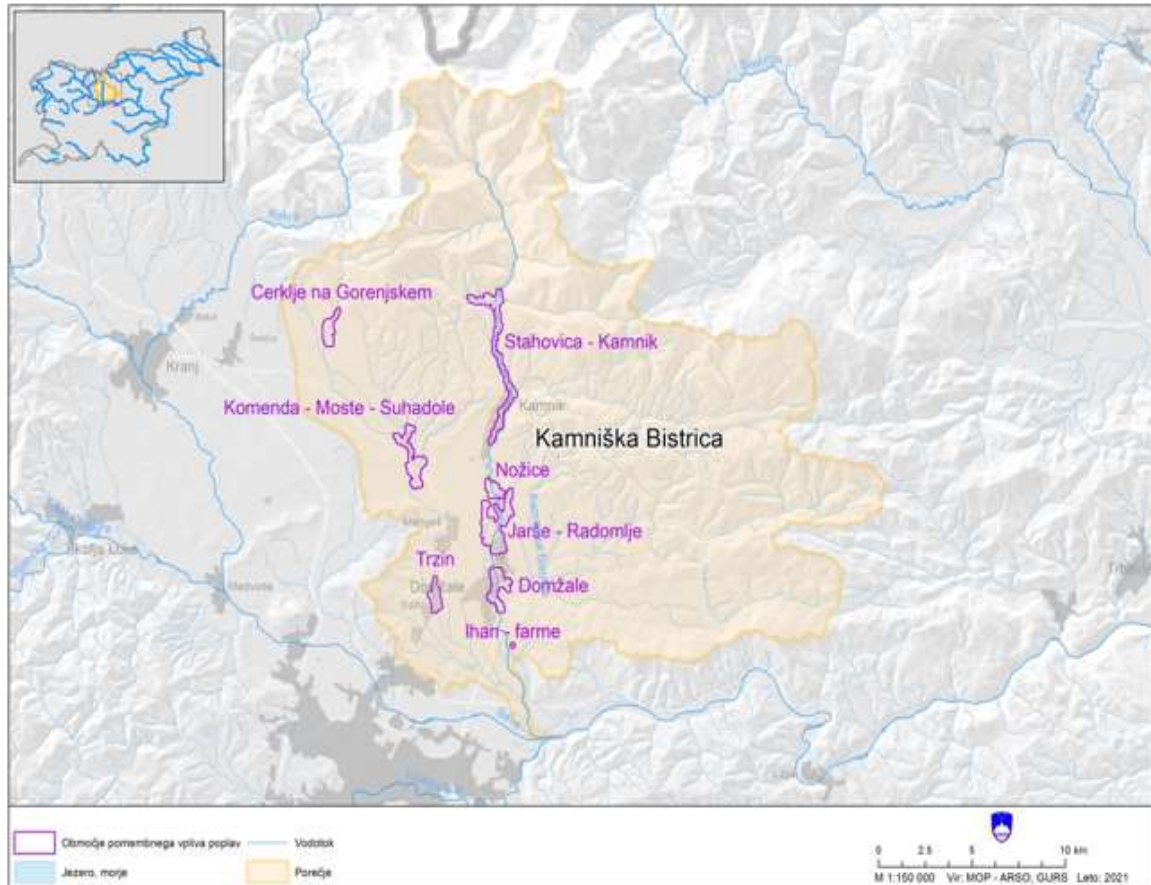
- Ureditev Kamniške Bistrice od izliva do Domžal;
- Ureditev Kamniške Bistrice v Biščah;
- Ureditev Kamniške Bistrice od Volčjega potoka do Kamnika;
- Zadrževalnik na Tunjščici (Komenda);
- Zadrževalnik na Pšati (Komenda);
- Zadrževalnik na Knežjem potoku (Komenda).

Iz Poročila o izvajanju negradbenih in gradbenih protipoplavnih ukrepov iz NZPO 2017-2021 za obdobje 2017-2019 je razvidno, da so bili na območju Kamniške Bistrice izvedeni naslednji ukrepi:

- izvedba gradbenih protipoplavnih ukrepov Ureditev Kamniške Bistrice od Volčjega potoka do Kamnika;
- v izvajanju vzpostavitev 7 novih lokacij in opreme za opozarjanje. Za OPVP Domžale,

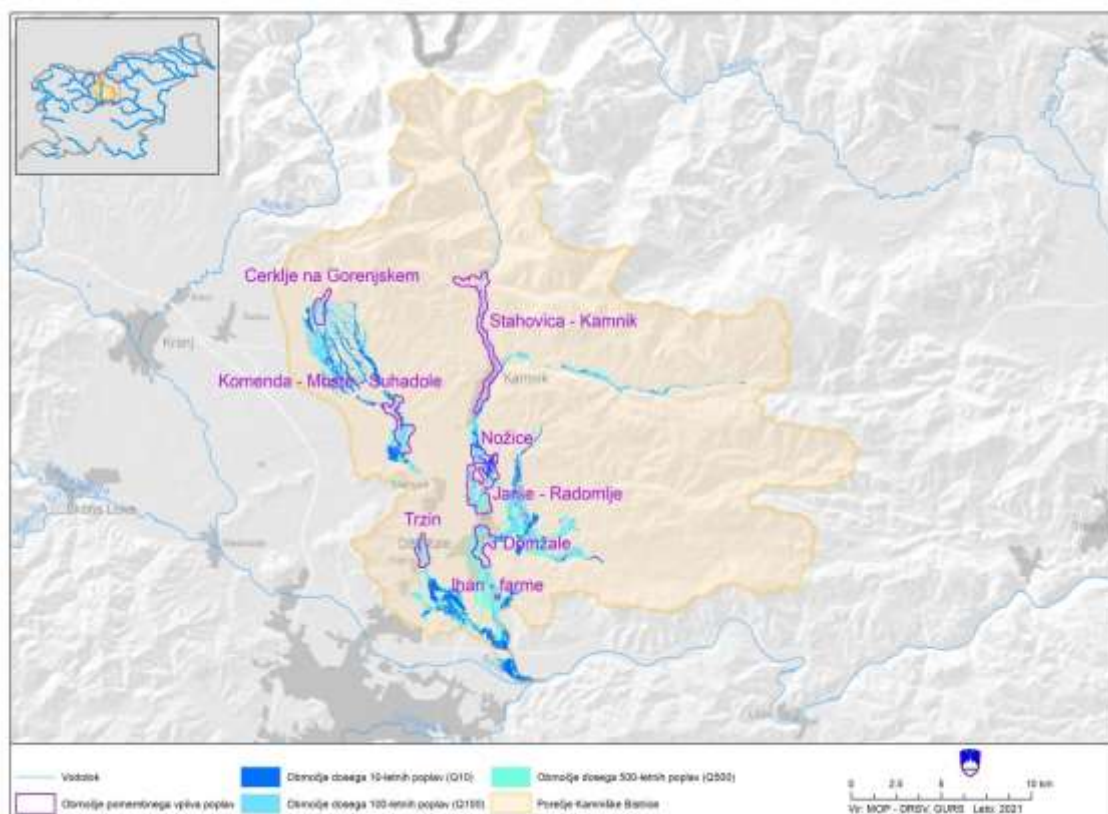
Ihan in Nožice je z dnem 22. 10. 2019 zaključena vzpostavitev na 6 novih lokacijah in opreme za opozarjanje. Za OPVP Komenda je v izvajanju vzpostavitev 1 nove lokacije in opreme. Z dnem 22. 10. 2019 je na tem OPVP že zaključena vzpostavitev 1 nove lokacije in opreme za opozarjanje.

Iz Načrta zmanjševanja poplavne ogroženosti 2023-2027 (Medmrežje 26) je razviden naslednji prikaz pomembnega vpliva poplav:



Slika 38: Porečje Kamniške Bistrice z lokacijami območij pomembnega vpliva poplav (vir: Medmrežje 26)

Tudi iz Načrta za zmanjševanje poplavne ogroženosti za obdobje 2023-2027 je razvidno, da je porečje Kamniške Bistrice z vidika negradbenih ukrepov še vedno neustrezno pokrito z mrežo avtomatskih meteoroloških postaj (predvsem na vzhodnem, zahodnem in osrednjem delu porečja). Porečje Kamniške Bistrice pa je delno ustrezno pokrito z mrežo avtomatskih hidroloških postaj (v predhodnem načrtu navedena neustrezna pokritost). Glede na navedeni načrt bi bilo potrebno preveriti smiselnost vzpostavitve novih oz. dodatnih lokacij avtomatskih hidroloških postaj na hidravlično ustreznem mestu na OPVP Stahovica - Kamnik, OPVP Cerklje na Gorenjskem, OPVP Komenda - Moste - Suhadole, OPVP Nožice in OPVP Jarše - Radomlje.



Slika 39: Načrt zmanjševanja poplavne ogroženosti 2023-2027 (vir: Medmrežje 26)

V skladu za Zakonom o dostopu do informacij javnega značaja smo na občini Kamnik pridobili informacijo o izvedenih ukrepih med leti 2018 do 2022 na območju Kamniške Bistrice in s tem podatke na lokalni ravni upravljanja z vodami:



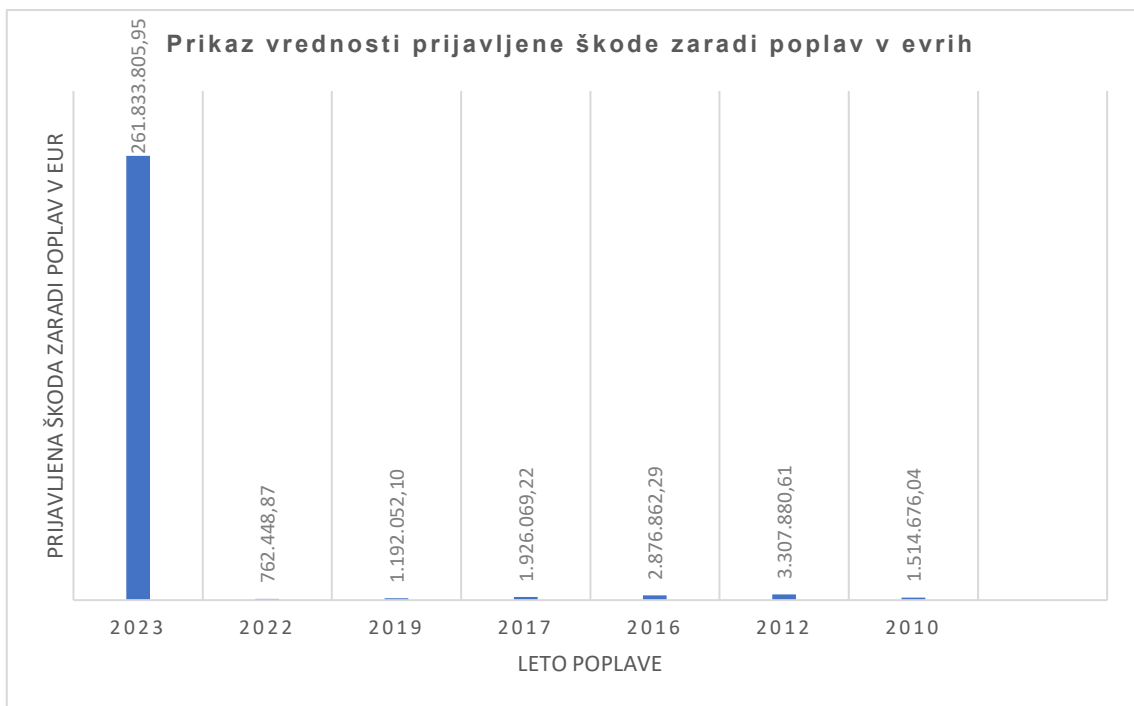
Graf 1: Vrednost ukrepov za izboljšanje poplavne varnosti Kamniške Bistrice od leta 2018 do 2022 (Vir: Občina Kamnik, 2023)

Podatki Civilne zaščite, pridobljeni na podlagi zahteve za dostop do javnih informacij kažejo število vlog posameznikov za prijavo škode v zvezi z naravnimi nesrečami za obdobje med letom 2010 in 2023 (obarvane so vloge v primeru poplav), ki jih je evidentirala Civilna zaščita Kamnik. Iz popisa je razvidno, da je bilo največ škode v zadnjih desetih letih prijavljene v zvezi s poplavami v avgustu leta 2023:

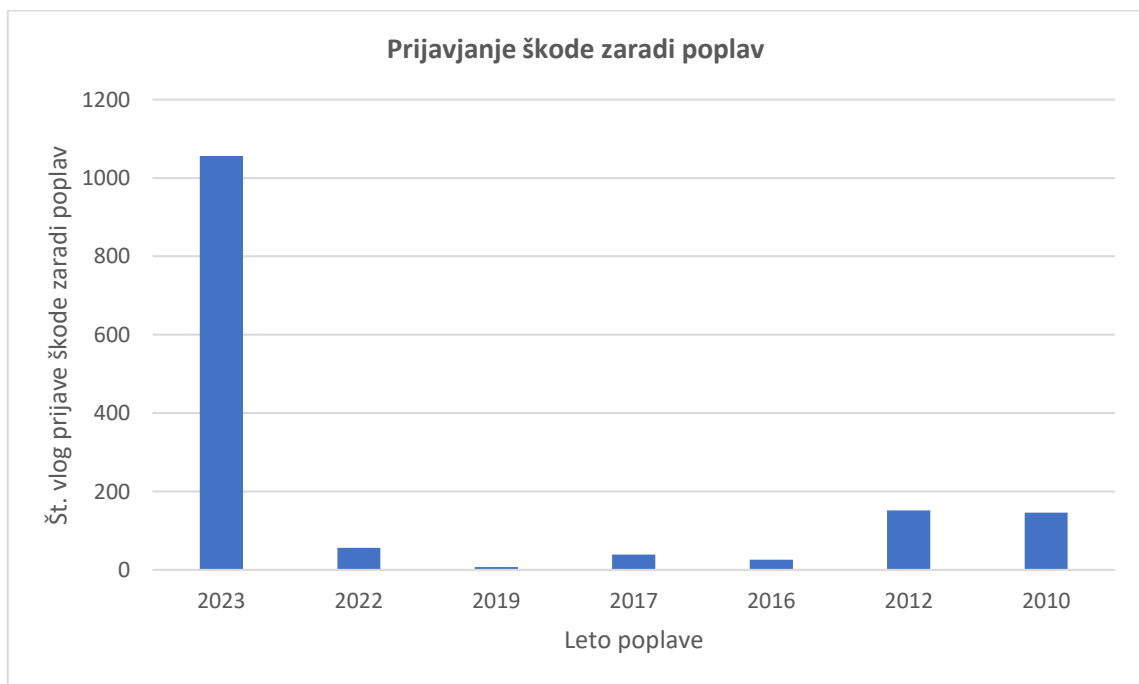
Leto nesreče	Datum nesreče	Vrsta naravne nesreče	Skupaj vlog
2023	27.10.2023	Močna neurja s plazovi in poplavami	64
2023	4.08.2023	Močna neurja z večdnevnimi obilnimi padavinami	846
2023	17.07.2023	Močna neurja z dežjem, vetrom, zemeljskem plazovi in poplavami 2023	129
2023	3.04.2023	Pozeba 2023	5
2022	23.09.2022	Poplave med 18. in 18. 9. 2022	16
2022	2.06.2022	Poplave med 2.6. 2022	40
2022	31.05.2022	Suša 2022	335
2021	5.04.2021	Pozeba 2021	1
2020	30.08.2020	Močno neurje z vetrom in točo 2020	19
2019	3.02.2019	Poplave 2019	7
2018	29.10.2018	Neurje z vetrom in točo 2018	6
2017	27.04.2017	Poplave 2017	39
2016	29.08.2016	Neurje s poplavami 2016	26
2014	30.01.2014	Žled 2014	29
2012	5.11.2012	Poplave 2012	152
2010	20.09.2010	Poplave 2010	146

Tabela 2: Evidenca naravnih nesreč in število vlog posameznikov za prijavo škode od leta 2010 do leta 2023 v Kamniški občini (vir: Civilna zaščita Kamnik, 2023)

Glede na podatke Civilne zaščite je v povezavi s poplavami v letu 2023 bila prijavljena škoda na kmetijskih zemljiščih v višini 1.477.233,7 EUR, na stavbah v višini 13.944.760,53 EUR in na infrastrukturi v višini 236.063.950,06 EUR. Zneski občutno presegajo zneske škode v primerih ostalih naravnih nesreč iz tabele 2.



Graf 2: Prikaz vrednosti prijavljene škode zaradi poplav v evrih (vir: Civilna zaščita, 2023)



Graf 3: Prijavljanje škode zaradi poplav (vir: Civilna zaščita, 2023)

7.2.3 Prihodnje načrtovanje in opozorila strokovne javnosti za protipoplavno varnost

V Načrtu zmanjševanja poplavne ogroženosti 2023-2027 (Medmrežje 18) je navedeno, da se obstoječa poplavna ogroženost najbolj zmanjša z izvedbo (preventivnih) gradbenih protipoplavnih ukrepov (npr. visokovodnih nasipov ali zidov, gradnja suhih ali mokrih zadrževalnikov, regulacije itd.). Individualni in samozaščitni tehnični oz. gradbeni preventivni protipoplavni ukrepi bi morali v praksi predstavljati res skrajno rešitev, saj se z izvedbo enega takega (prostorsko gledano mikro) ukrepa lahko včasih poveča poplavna ogroženost bližnjemu poplavno ogroženemu subjektu ali subjektom. Za izvajanje ukrepov so pristojni: Ministrstvo za naravne vire in prostor, Direkcija RS za vode, Agencija RS za okolje, ostala ministrstva in lokalne skupnosti.

Dodatni ukrepi so glede na načrt še: redno preverjanje učinkovitosti obstoječih (gradbenih) protipoplavnih ureditev, redno vzdrževanje vodotokov, vodnih objektov ter vodnih in priobalnih zemljišč, izvajanje rečnega nadzora s strani Direkcije RS za vode, protipoplavno upravljanje vodnih objektov, zagotavljanje finančnih virov za izvajanje gospodarske javne službe, priprava načrtov zaščite in reševanja ob poplavah, napovedovanje poplav, analiziranja poplavnih dogodkov idr..

Glede na načrtovane ukrepe v obdobju do leta 2027 lahko vsekakor potrdimo, da se obseg negradbenih in gradbenih ukrepov širi in se temu področju daje večji poudarek. Ti ukrepi so bili načrtovani v letu 2023 in to še pred katastrofalnimi poplavami. V kolikor bodo tudi v praksi izvedeni, bi se to moralo v prihodnosti odražati v manjši poplavni ogroženosti, zlasti pa v manjšem obsegu škode, ki bi lahko nastala na zasebnih in javnih objektih v poplavnem območju Kamniške Bistrice. Vodarska stroka (Medmrežje 28) opozarja, da se ljudje iz preteklosti ničesar ne naučimo, da se ukrepi izvajajo brez posvetovanja s stroko, nestrokovne rešitve pa imajo lahko pomembne posledice in povečujejo poplavno ogroženost dol vodno. Izpostavlja se, da so poplave naravni pojav, ki se zgodi vsakih nekaj let in da bi bilo potrebno poplavne dogodke in škode dobro analizirati. Viri težav, ki bi jih bilo potrebno obravnavati so:

- slabo narejeni objekti, postavljeni v vodno zemljišče (npr. most v Stranjah), zaradi česar voda lahko doseže velike hitrosti
- neprimerne poselitve poplavnega prostora (visoke vode, zemeljski nanosi in hlodovina zamašijo struge), izpostavljeni pa so objekti neposredno v obrečnem prostoru;
- pozablja se na možnost hujših poplav in preventivnega delovanja pred nastankom poplav (npr. parkiranje avtomobilov ob reki, pravilno spravilo hlodovine, ...). Zanaša se na to, da kljub več poplavam, večje škode na določenem območju še ni bilo;
- prevelike in toge utrditve brežin izven naselij;
- neustrezno vzdrževanje gozdnega reda v hudourniških grapah in na obrežjih strug.

V Sloveniji slabo razumemo razliko med intervencijo in obnovo, ki v praksi večkrat postaneta eno in isto, a do tega ne bi smelo prihajati: *»Obnova torej ni sanacija, s katero objekt »povrnemo v prvotno stanje« (torej v stanje pred nesrečo). V po poplavnem obdobju ne govorimo o sanaciji, ampak o obnovi. To pomeni, da z obnovami vzpostavljamo funkcioniranje*

objektov za namene, za katere so bili zgrajeni. Ni pa nujno, da se obnovi vsak objekt ali da objekt obnovimo v enakih gabaritah in z enako tehnologijo.«.

Neustrezna obnova pa se glede na mnenje stroke lahko odrazi tudi v prihodnosti, kar pomeni, da bodo poplavne škode, kljub izvedenim ukrepom, zaradi ne vključevanja stroke, lahko enako visoke. Vodotoke bi bilo potrebno urejati bolj sonaravno – z več prostora za reke s širšimi strugami in povezavo s poplavnimi površinami.

Kot neustrezni ukrepi so omenjeni jemanje materialov z dna struge, preozke in poglobljene struge pa vedno pohitrijo rečne tokove. Zanimiva je tudi naslednja iztočnica: *»Rekam bi morali prepustiti čas, da se “najdejo v novih razmerah”«* in zaskrbljujoča primerjava s cestami: *»Velike regulacije rek se v današnjem času dogajajo predvsem ob avtocestah in cestah. Za ceste nam ni žal prostora, včasih tudi ne kmetijskih površin. Za vode pa nam je žal, ker ne razumemo dobro pomena vodotokov. Saj so vodotoki podobni cesti, le da niso za osebni in tovorni promet, ampak za vodo, sedimente, živali in rastline. So tudi bivališča. Na cestah nimamo brlogov lisic in jazbecev. V vodah pa imamo brloge vider. Iskanje sobivanja in pravičnih rešitev nam ne gre dobro od rok.«.*

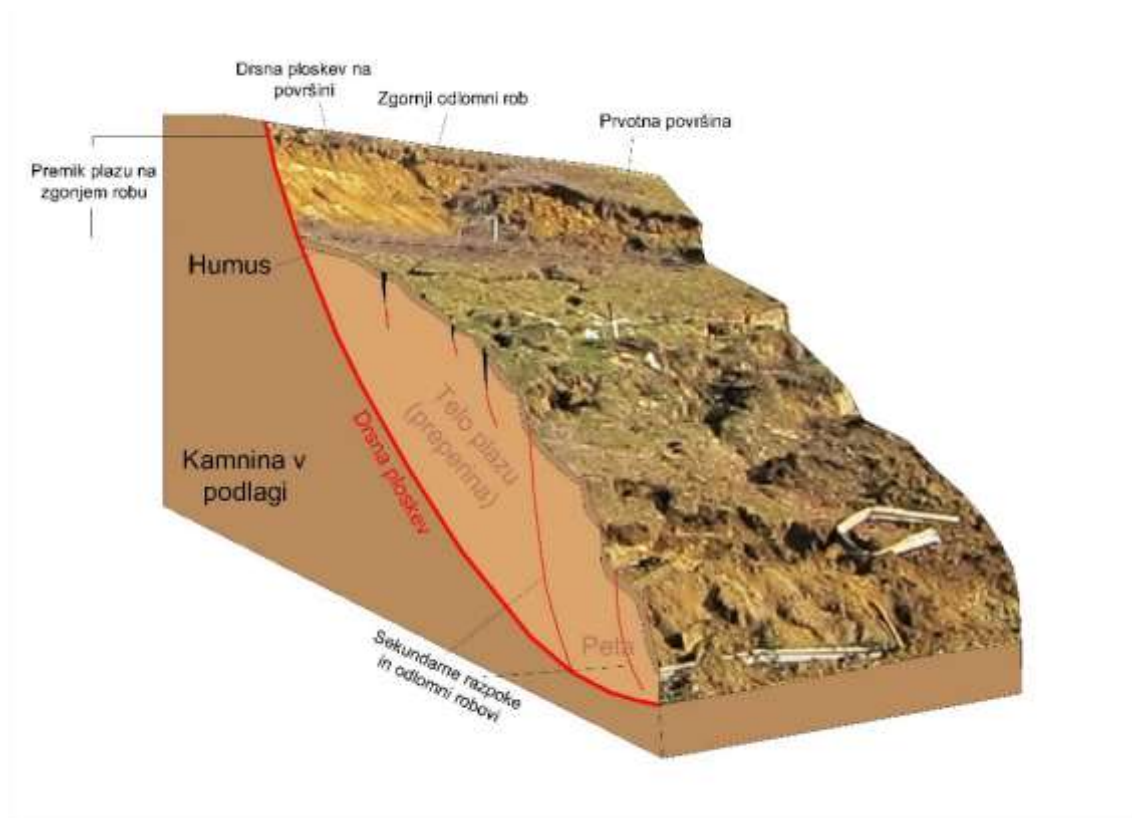
Takšna opažanja strokovne javnosti in opozorila so v zadnjem času vse pogostejša tudi v dnevnih medijih, kjer se poraja vprašanje, ali se urejanje vodotokov izvaja dovolj strokovno (Medmrežje 29). V prispevku je bilo izpostavljeno, da se že nekaj desetletij postavlja zidove in začasno krpa težave z intervencijskimi ukrepi s stalnimi rekonstrukcijami ali s ponavljanjem enih in istih ukrepov, ki se ob vsakih poplavih izkažejo za neučinkovite in premalo premišljene.

8 Plazovi

V tem poglavju so na splošno predstavljeni plazovi in njihov nastanek. Razloženi in potrjeni so tudi modeli plazovitosti. Predstavljeni so plazovi, ki so se sprožili po ujmi avgusta 2023.

Pobočna premikanja oziroma pobočni transport so različna gibanja kamninskih, sedimentnih in zemljinskih (preperinskih) gmot po pobočju navzdol pod vplivom gravitacije. Kadar se večja kamninska ali zemljinska gмотa giblje kot telo govorimo o zemeljskem plazju, kadar pa na pobočju odnaša in spira površinske sloje je to erozija.

Zemeljsko gmoto (plazino) lahko sestavljajo zemljine ali kamnine. Kadar plazino sestavljajo zemljine nastane zemeljski plaz. Kadar plazino sestavljajo kamnine nastane kamninski plaz. Tako zemeljske, kot kamninske plazove uvrščamo v procese pobočnega premikanja.



Slika 40: Zemeljski plaz (vir: Medmrežje 16)

Do zdrsa pride, ko teža dela labilnih površinskih slojev prekorači strižno trdnost na šibki ploskvi znotraj zemeljske mase (po kateri pride nato do zdrsa). Torej so za pojave plazenja, pomembna dva dejavnika, ki delujeta eden proti drugemu:

- Prvi je težnost, ki »vleče« zemeljske gmote navzdol po pobočju.
- Drugi je notranja trdnost v zemeljski masi, ki se upira premiku.

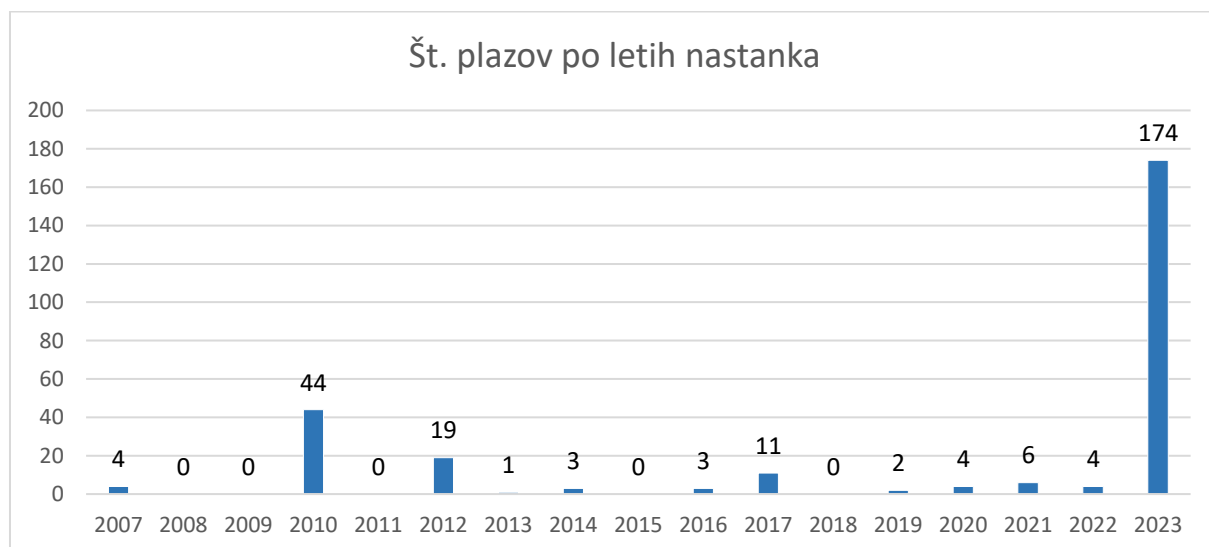
Zaradi preperevanja se polagoma zmanjšuje trdnost kamnine, dokler sile težnosti ne presežejo strižne trdnosti na najbolj šibki ploskvi znotraj zemeljske gmote. Navadno se zemeljski plaz sproži ob močnem deževju, ko se zemeljska masa prepoji z vodo, ob spodkopavanju ali obtežbi pobočja, ob erozijskem delovanju vodotokov, ob potresu ali drugih zunanjih naravnih ali človeških neugodnih dejavnikih.



Slika 41: Zemeljski plaz v dolini potoka Tunjščice v Podgorju (Avtor: Miha Bogataj)

Pogosto se plaz sproži na mestih, kjer predhodno ni bilo značilnih znakov. Pobočja, kjer se že dogajajo premiki in lahko kažejo na bodočo sprožitev plazu spoznamo po valoviti obliki terena, sabljasti ukrivljenosti dreves, nagnjenih drogovi, razpokah v tleh itd. V primeru, da je v bližnji okolici več plazov, je to očitni znak, da je teren nagnjen k plazenju.

8.1 Plazovi po 4. 8. 2023



Graf 4: Število plazov po letih nastanka (vir: Civilna zaščita Kamnik)

Graf prikazuje število sproženih zemeljskih plazov razvrščenih po letu nastanka, katere je popisal štab za Civilno zaščito. Po podatkih naj bi se po ujmi 4. avgusta 2023 sprožilo 174 plazov.

Civilna zaščita popiše samo plazove, ki se sprožijo ob času naravnih nesreč, ko je razglašeno izredno stanje. V letih 2008, 2009, 2011, 2015 in 2018 ni bil popisani noben plaz, saj ni bilo obilnejšega deževja ali druge večje naravne nesreče. Povečano število plazov je opazno v letih 2010, 2012, 2017 in 2023, saj so bili sproženi za časa vremenske ujme. Med temi daleč najbolj izstopa leto 2023, s kar 400 % porastom v primerjavi z letom 2010.

Označevanja plazov smo se lotili v računalniškem programu QGIS z vnašanjem vektorskih podatkov lokacij in površin plazov. Plazove smo prepoznavali in označevali s pomočjo posnetkov ortofoto RGB z 0,1 metrsko resolucijo posnetih nekaj dni po poplavih. Velik delež jih je bilo na tak način nemogoče identificirati zaradi lege v gozdu ali senci, zato smo si pomagali tudi s primerjanjem osenčenih posnetkov lidarskih digitalnih modelov višin iz leta 2014 in 2023, ki pa so bili omejeni na območje v zahodnem delu občine s površino približno 70 km². Tuhinjska dolina, Motnik in večji del Kamniških Alp nam tako nista bila na voljo. S primerjanjem kart skozi čas smo lahko ovrgli fosilne in že sanirane plazove, novejši pa je bilo enostavno prepoznati zaradi ostrih mej in še nedotaknjene odnesle prsti in rastlinstva. Vsakemu plazu smo pripisali tudi vrednost in kraj v območju katerega je nastal.

Takšna metoda ima prednost, saj nam omogoča locirati plazove na težje dostopnih območjih in gozdovih, ki jih državne institucije zaradi ne povzročene škode ne beležijo.

Metoda ima tudi svoje slabosti, saj je včasih zaradi lege težko ločiti med plazom in novim posegom človeka v okolje (npr. širitev terase z izkopom brega). Plazovom, ki ležijo v ozkih

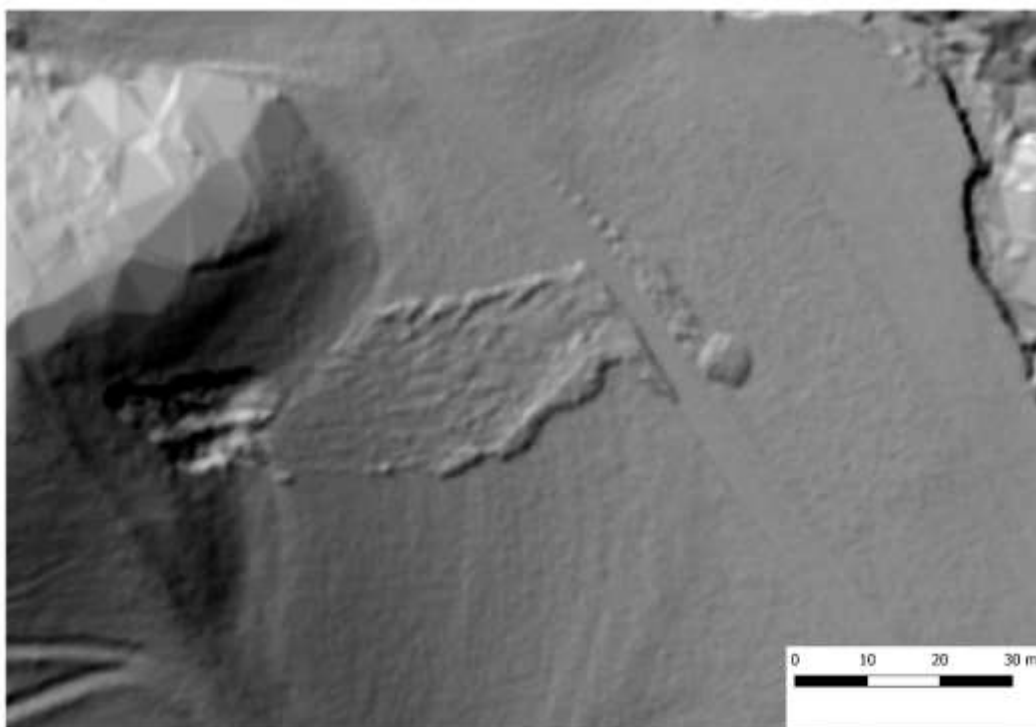
dolinah in gozdovih je bilo včasih težko natančno začrtati mejo. Ocenjujemo, da je bilo na danem območju pravilno prepoznanih okoli 90 % plazov.

Pregledali smo vso površje v občini, ki je bilo posneto po poplavih. Površina danega območja je približno 60 km², kar predstavlja približno 22,5 % celotne površine občine Kamnik. Z našo metodo smo na območju raziskovanja prepoznali 461 zemeljskih plazov. Če bi predpostavili, da je bila gostota plazov povsod enakomerna, bi se v celotni občini po ujmi sprožilo okoli 2000 zemeljskih plazov. To pomeni, da jih je popis Civilne zaščite Kamnik zajel le slabih 9 %. Območja z večjimi koncentracijami sta bili dolini rek Bistričice in Črne, Tunjiško gričevje in vznožja planot Kamniških Alp. Najbolj značilna območja, kjer so se sprožali plazovi so bile umetne kmetijske terase in na začetkih rečnih dolin, kjer je še aktivna zadenjska erozija.

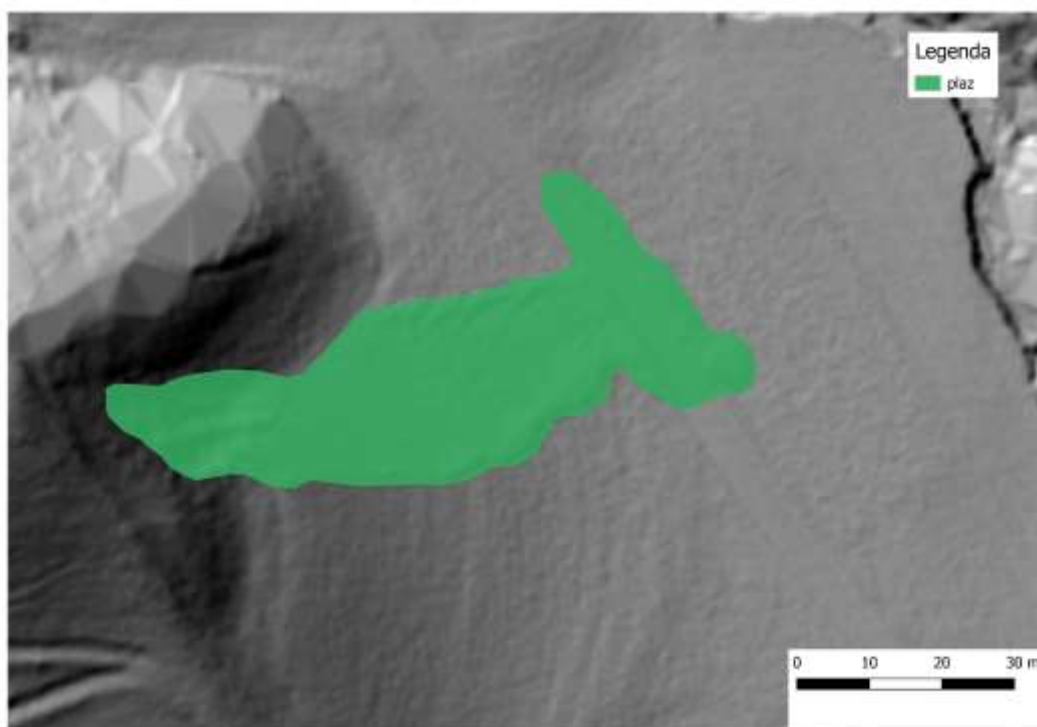
Na območju raziskovanja je bilo zaradi zemeljskih plazov skupno spremenjenega, prekrita in odnesenega približno 40 ha oz. 0,4 km² površja. Povprečna površina plazov glede na skupno površino vseh je 1000 m².



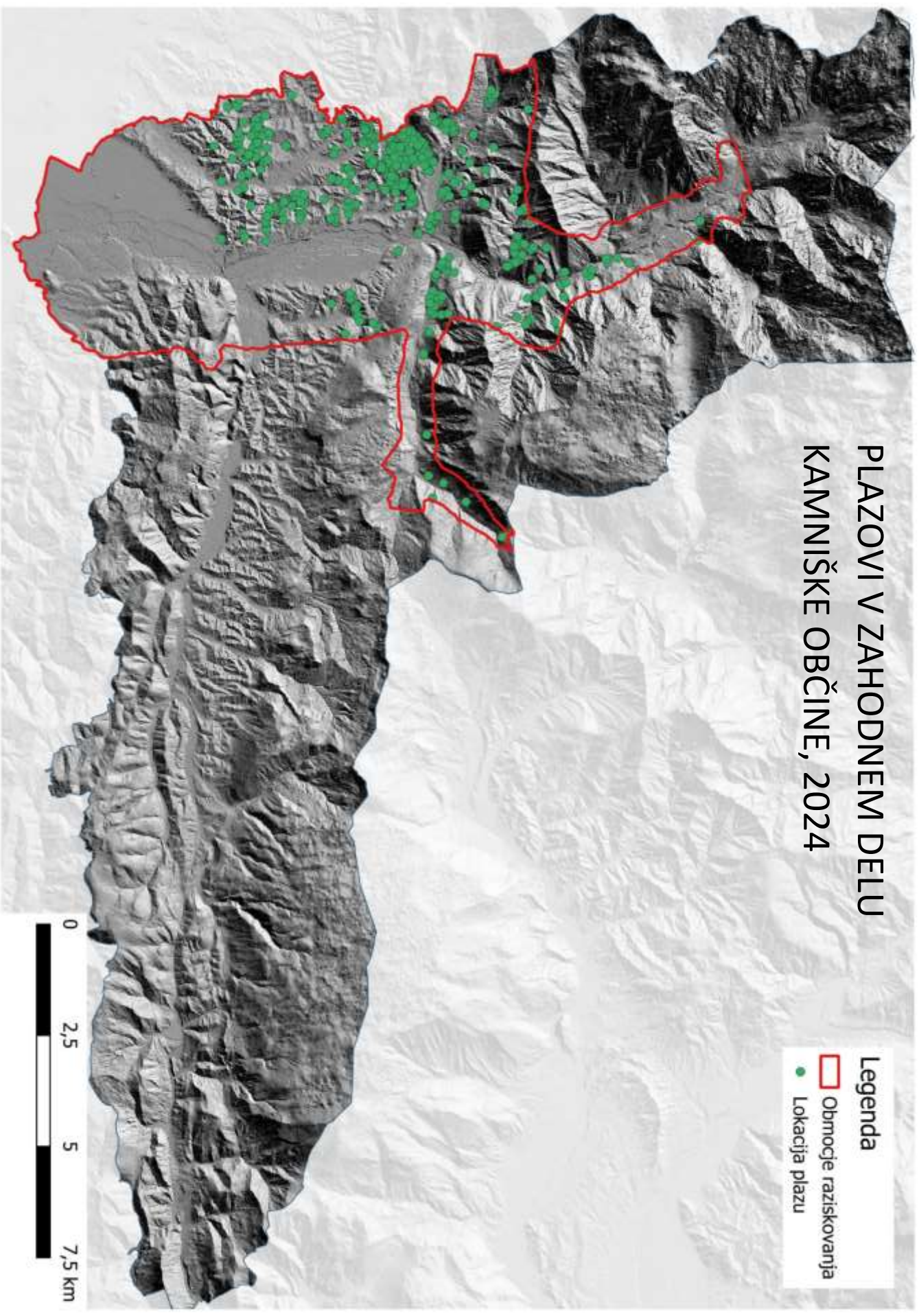
Slika 42: Primer plazu prikazan v tehniki ortofoto RGB (vir: Orto foto 2023)



Slika 43: Prikaz plazu v osenčenem lidarskem osenčenem modelu reliefa



Slika 44: Prikaz plazu z določanjem na osenčenem lidarskem modelu reliefa (Avtor: Miha Bogataj)



Zemljevid 18: Plazovi v zahodnem delu Kamniške občine (Avtor: Milna Bogataj)

8.1.1 Primeri plazovitosti

Med 461 plazovi, ki so se sprožili po 4. 8. 2023 na območju raziskovanja, smo izpostavili najbolj zanimive primere. Predstavili smo visoko plazovito območje Laniš in Zakal, plaz v Županjih Njivah, plaz Blate ter območje Košiš in Tunjic.

»Dolina plazov«-Laniše in Zakal

Območje naselij Laniše in Zakal je po ujmi doživelo intenzivno spreminjanje reliefa, z več kot 150 sproženimi plazovi. Za območje je značilno gričevje z gosto rečno mrežo in visokimi nakloni. Litološko podlago tvori veliko različnih kamnin z različno stopnjo nevarnosti plazenja. Na območju prikazanem na zemljevidu 19 prevladujejo lapor, glinasti skrilavci in drobnik ter bazalni konglomerat z vložki peščenjaka, laporja in gline. Slednje veljajo za kamnine, katere tvorijo območja z največjo nevarnostjo plazovitosti v Sloveniji (Komac in Zorn 2005). Zaradi takšne kamninske osnove ima ravno to območje najvišjo gostoto sproženih plazov v občini Kamnik. K sreči je območje redko poseljeno (prevladujejo osamljene kmetije) in večinoma poraslo z gozdom. Kot je razvidno iz zemljevida 20, lahko govorimo o »dolini plazov«.



Zemljevid 19: Območje intenzivne plazovitosti - Laniše, Zakal (Avtor: Miha Bogataj)



Zemljevid 20: Plazovi na zelo plazovitem območju Laniš in Zakala (Avtor: Miha Bogataj)

Zemeljski plaz v Županjih Njivah

Na terenskem delu smo si ogledali tudi sanirani zemeljski plaz v Županjih Njivah ob reki Bistričici. Pri sanaciji tega plazu se je zaradi nepredvidenih okoliščin bistveno povečala količina del, kot so vrtanje in sidranje ter površina visoko nateznih mrež. Med vrtanjem za sidra na



Slika 45: Ortofoto RGB posnetek območja na delu Županjih Njiv po poplavih

desni strani plazu so ugotovili, da je plast preperine veliko debelejša in da se v kamnini pojavljajo praznine. Plaz ne predstavlja več nevarnosti za prebivalce pod njim. Za potrebe sanacije je bilo porabljenih 256.000 evrov.



Slika 46: Saniran plaz v Županjih Njivah (Avtor: Manca Pristavec)



Slika 47: Hiša pod saniranim plazom (Avtor: Manca Pristavec)

Zemeljski plaz Blate

Plaz Blate je konec oktobra 2023 ogrožal vasi Bistričica, Županje njive in Klemenčevo. Zaradi plazu je bilo 27. oktobra 2023 začasno evakuiranih preko 100 prebivalcev omenjenih vasi, ogroženih pa je bilo okrog 60 hiš. Večina jih je bila nameščena v telovadnico Osnovne šole Stranje. Plaz Blate leži nad levim bregom potoka Blatnica in je bil aktiven že več let pred poplavami. V času poplav avgusta 2023 je prišlo do združitve površinske vode v potok, ki je preko plazu oblikoval novo strugo, v hudourniškem potoku pa so se nato nakopičili mulj, skale in drevesa.

Možnost premikanja kar 8 hektarjev obsežnega plazu je ves čas na terenu spremljalo več gasilskih enot Gasilske zveze Kamnik. Za spremljanje se je začasno postavilo dve mobilni sireni v krajih Bistričica in Okroglo, naknadno pa še ena v vasi Klemenčevo. S plazu so odstranili tudi ves les. Dodaten preventiven ukrep spremljanja je bila montaža kamere, s katero se je spremljalo potok in pretok Blatnice. Prav tako je bila s strani Direkcije Republike Slovenije za vode izdelana dokumentacija za ureditev oz. sanacijo plazu Blate. Strokovnjaki so ocenjevali možnosti uresničitve različnih scenarijev in posledice, ki bi lahko nastale zaradi drsenja ali zdrsa plazu. Zaradi drsenja bi lahko prišlo do zaježitve potoka Blatnica, zbrani material (mulj, drevesa) pa bi se premikala po hudourniku Blatnice in nato v Bistričico in vplivala predvsem na objekte ob strugi (nasipi, mostovi). V primeru, da bi večji del plazu zdrsnil v strugo in zaježil Blatnico in nato še Bistričico, bi lahko za plazom nastalo manjše jezero, ki bi se po določenem času zopet lahko sprostilo po strugi in z muljem ter količino vode vplivalo na objekte ob strugi.



Slika 48: Plaz Blate v dolini Bistričice, 28. 10. 2023 (vir: Medmrežje 30)

Košiše in Tunjice

Za gričevje na katerem ležita vasi Košiše in Tunjice je značilna litološka podlaga iz laporja, ki ima glede na uteži plazovitosti najvišji indeks nevarnosti (5) (Komac, Zorn 2005). Občina Kamnik je aprila 2024 začela sanacijo plazu v Košišah, ki neposredno ogroža pet stanovanjskih objektov, posredno pa sedem. Sanacija vključuje odstranitev plazine, ureditev odlomnih robov, izvedbo drenažnih reber za odvajanje vode, vgradnjo pasivnih sider in sidranje brežin z visoko nateznimi mrežami (Medmrežje 42).



Slika 49: Zemeljski plaz v Košišah (Avtor: Marcel Kotnik)



Slika 50: Dronski posnetek zemeljskega plazu v Košišah (Avtor: Marcel Kotnik)

8.1.2 Plazovitost v območju raziskovanja

Za občino Kamnik so leta 2016 naši predhodni raziskovalci izdelali modele plazovitosti. Ti modeli uporabljajo za določanje plazovitosti deterministično metodo ponderiranja. Metoda deluje tako, da združuje podatkovne sloje naravnih dejavnikov in tako vsaki celici pripiše možnost pojavljanja plazov. Za vsak naraven dejavnik je izdelan zemljevid nevarnosti, ki vsebuje celice z vrednostjo med 0 in 1. Višja kot je vrednost večja je možnost za pojavitev plazov. Ko se zemljevidi združijo se te vrednosti seštejejo in delijo s številom le teh. Tako za neko območje dobimo vrednost iz katere lahko sklepamo o nevarnosti plazovitosti. 1 pomeni najvišjo nevarnost, 0 pa da nevarnosti ni.

Za nastanek plazov vplivi naravnih dejavnikov niso enakovredni. Vsak je zato obtežen oz. ponderiran, tako da mu je prirejen odstotni delež vpliva na končno karto ogroženosti s plazovitostjo. Določitev uteži je subjektivna, zato je bilo narejenih več različnih modelov z različnim razmerjem pomembnosti naravnih dejavnikov.

Modeli upoštevajo naslednje dejavnike: litologija, naklon površja, gozdnatost. Za doseg večje objektivnosti je bilo izdelanih 5 različnih modelov plazovitosti z različno obteženimi dejavniki.

Enakovredno vrednotenje: $1/3 \text{ litologija} + 1/3 \text{ naklon} + 1/3 \text{ gozd} = 1$

Poudarjanje litologije: $3/5 \text{ litologija} + 1/5 \text{ naklon} + 1/5 \text{ gozd} = 1$

Poudarjanje naklona: $1/5 \text{ litologija} + 3/5 \text{ naklon} + 1/5 \text{ gozd} = 1$

Poudarjanje gozdnatosti: $1/5 \text{ litologija} + 1/5 \text{ naklon} + 3/5 \text{ gozd} = 1$

Uravnoteženo vrednotenje: $0,45 \text{ litologija} + 0,45 \text{ naklon} + 0,10 \text{ gozd} = 1$

Za proučevano območje je bil v preteklosti izdelan zemljevid ogroženosti s posebno metodo ponderiranja, ki sta jo v svojem članku predstavila Komac in Zorn (2005).

Dober zemljevid erozijske ogroženosti mora za doseg čim večje natančnosti upoštevati čim več različnih dejavnikov. Pri manjših površinah nekaterih podatkov ne moremo upoštevati, saj se na majhne razdalje hitro spreminjajo.

Pri modelu zato, zaradi premajhne natančnosti ne pridejo v poštev podatki o:

- 24-urnih maksimalnih padavinah
- Usmerjenost oz. ekspozicija površja
- Ukrivljenost površja

Zaradi boljšega pregleda model upošteva le naslednje dejavnike, ki imajo tudi po Komacu in Zornu (2005) največji vpliv:

- Litologija
- Gozdnatost
- Naklon površja

Določanje uteži je pri metodi ponderiranja zelo subjektivna. Da bi dosegli večjo objektivnost je bilo izdelanih 5 različnih modelov plazovitosti z različno obteženimi dejavniki. Model se zgleduje predvsem po utežeh, ki sta jih določila Zorn in Komac (2005), saj je tudi v njunem delu obravnavano manjše območje in upoštevanje lokalnih posebnosti.

Pri vrednotenju vpliva litologije se uteži ravna po Komacu in Zornu (2005), prirejene pa so litološki podlagi našega območja. Podatki o litologiji so bili pridobljeni preko Geološkega zavoda Slovenije. Ko so bile kamninam določene uteži, so bile združene v 5 skupin. Območja z največjo erozijsko nevarnostjo so označena s številko 5, območja z najmanjšo pa z 1. Najvišji indeks nevarnosti (5) imajo glinasti skrilavec in drobnik, lapor ter sarmat (glina, lapor, pesek, prod, melj, peščenjak in konglomerat). Vsem kamninam prisotnih v kamniški občini, na katerih se plazovi še niso pojavili, smo dodelili indeks nevarnosti 1.

Preko digitalnega modela višin je bil izdelan zemljevid naklonov. Nato je bil še dodatno obdelan, tako da mu je bila zmanjšana prostorska ločljivost. S tem so bile v veliki meri odpravljene napake v lidarskih podatkih (vzporedne črte). Nakloni so bili razdeljeni na 5 razredov po stopnjah nevarnosti (0°- 6°, 7°- 12°, 12°- 20°, 20°- 32°, nad 32°). Analiza je pokazala, da je potrebno ustaljene modele za lokalno območje prilagoditi. Na voljo so preveč natančni podatki, zato model s ponderiranjem za manjša območja ne predvideva plazov, ki so se sprožili nad 32 naklonskimi stopinjami. Napaka nastane zaradi tega, ker model ni bil pripravljen za natančne podatke, kjer so nakloni podrobneje upoštevani. Upoštevane so le njihove povprečne vrednosti na območju.

Na erozijsko nevarnost pomembno vpliva tudi gozdnatost terena. Drevesa z globokim koreninskim sistemom pomembno prispevajo k stabilnosti območja. Sloju gozda smo priredili utež 0, sloju brez gozda pa 1. (Tonin, 2016)

Okvirna vrednost	Opis
1	Zelo majhna verjetnost plazenja
2	Majhna verjetnost plazenja
3	Srednja verjetnost plazenja
4	Velika verjetnost plazenja
5	Zelo velika verjetnost plazenja

Tabela 2: Prikaz okvirnih vrednosti in njihovih opisov pri modelu ogroženosti s plazovitostjo (vir: Tonin, 2016)

Kraj	Število	Kraj	Število
Bistričica	12	Potok v Črni	3
Črna	23	Spodnje Stranje	3
Godič	1	Stahovica	10
Kamnik	4	Stolnik	26
Kamniška Bistrica	55	Tučna	1
Klemenčevo	10	Tunjice	71
Košiše	31	Tunjiška Mlaka	11
Kregarjevo	9	Vodice nad Kamnikom	2
Krivčevo	5	Zakal	77
Kršič	6	Zavrh pri Črnavcu	1
Laniše	81	Žaga	1
Okroglo	7	Županje Njive	10
Podjelše	1	Skupaj	461

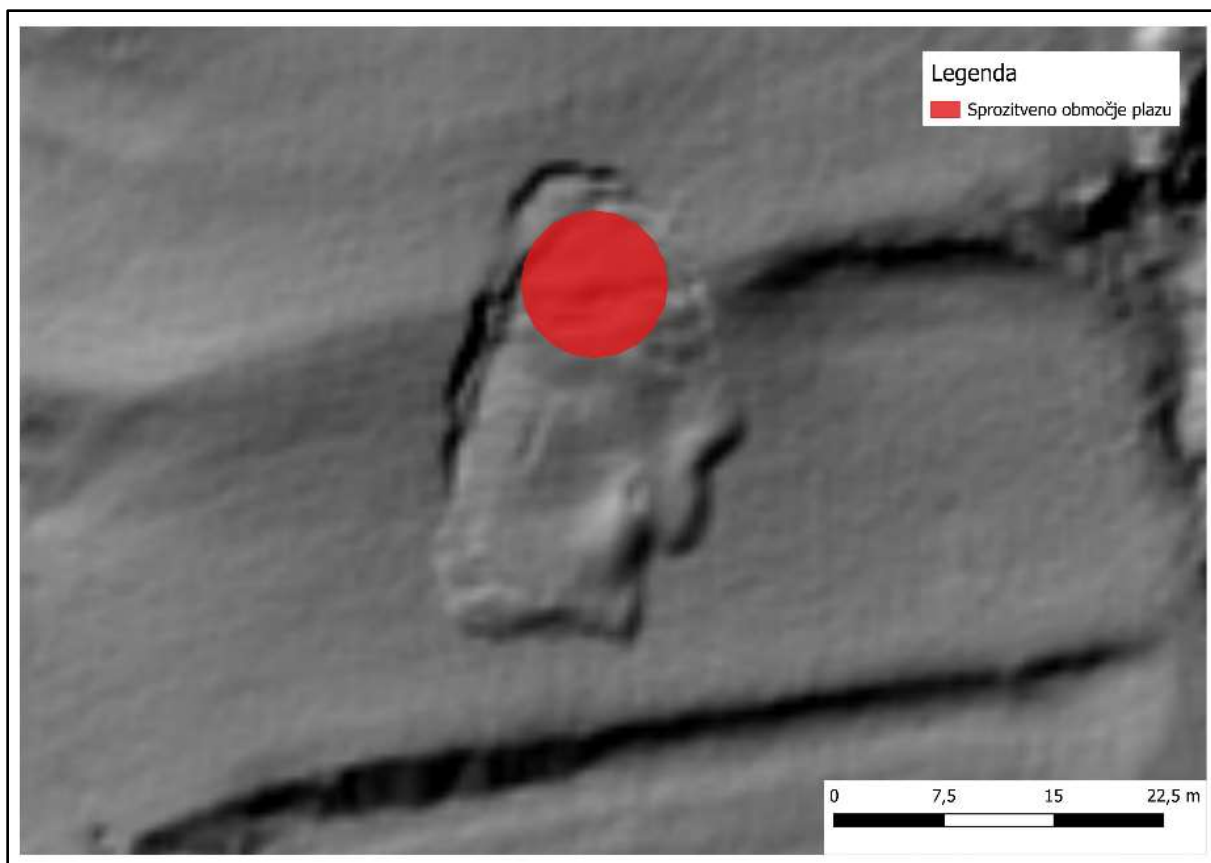
Tabela 3: Število plazov na raziskovanem območju po posameznem naselju (Avtor: Miha Bogataj)

8.1.3 Potrjevanje modelov plazovitosti

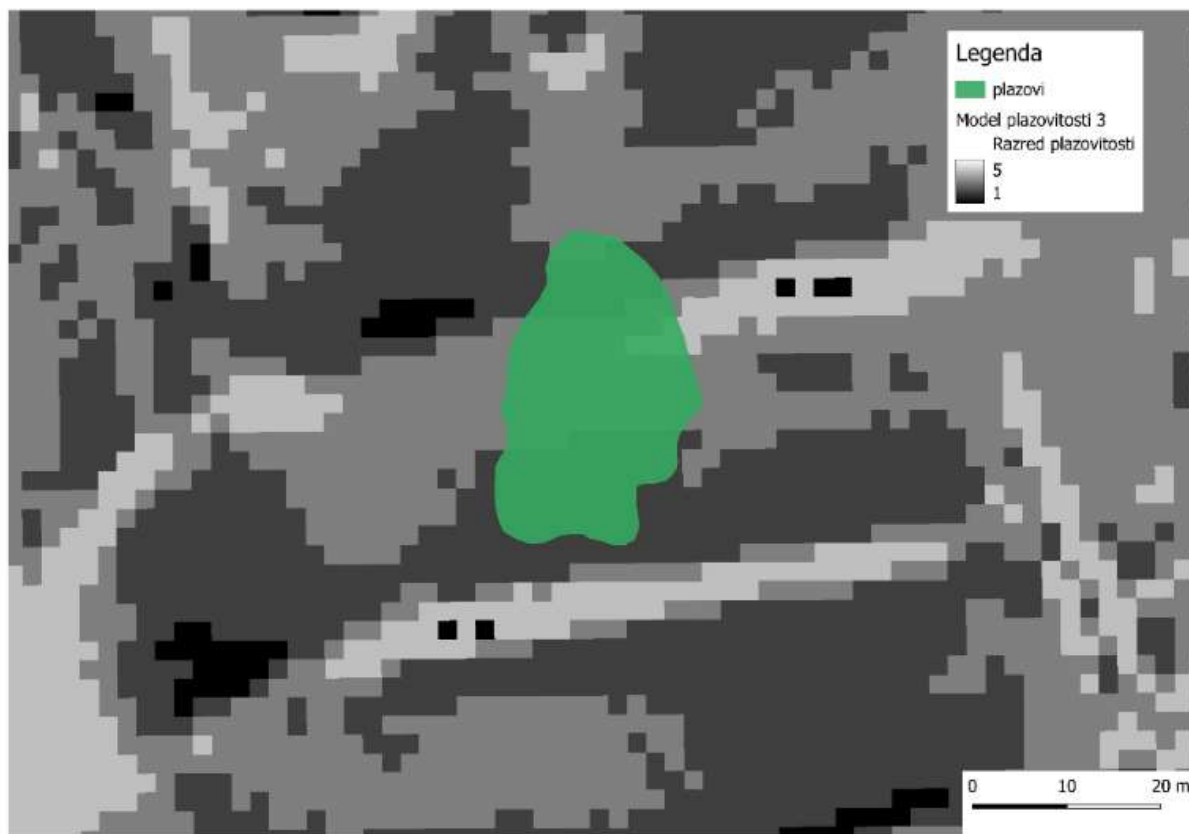
Pri potrjevanju modelov plazovitosti smo se odločili preveriti vsakega posebej. Tega smo se lotili tako, da smo raster z vrednostmi verjetnosti sprožanja plazov razdelili na 5 kategorij. Prva kategorija vsebuje celice z vrednostmi od 0 – 0,99, druga od 1 – 1,99, tretja od 2 – 2,99, četrta od 3 – 3,99 in peta od 4 – 5. Vsak plaz je bil označen s točko v središču območja kjer se je sprožil. Nato smo to površino označili s funkcijo »buffer«, ki je okoli vsake točke naredila krog s premerom 5 metrov. V primeru da je »buffer« poligon sekal označeni plaz, je program ustvaril nov obrezan poligon brez površin, ki segajo izven območja plazu. Funkcija v programu je nato za vsak plaz izračunala seštevek verjetnostnih celic in določila povprečno, večinsko in največjo vrednost. Glede na vsako vrednost se je plazove kategoriziralo v katerem razredu so se pojavljali. Z deljenjem površine razreda smo dobili gostoto pojavljanja plazov na kvadratni kilometer.

Pri določanju uporabnosti modelov se je kot najbolj uporaben podatek izkazala maksimalna vrednost rasterja plazovitosti na območju plazu.

Popoln model bi moral gostoto plazov po razredih napovedati z linearnim naraščanjem vrednosti od 1. do 5. razreda, z najmanjšo gostoto v 1. in največjo v 5. razredu.



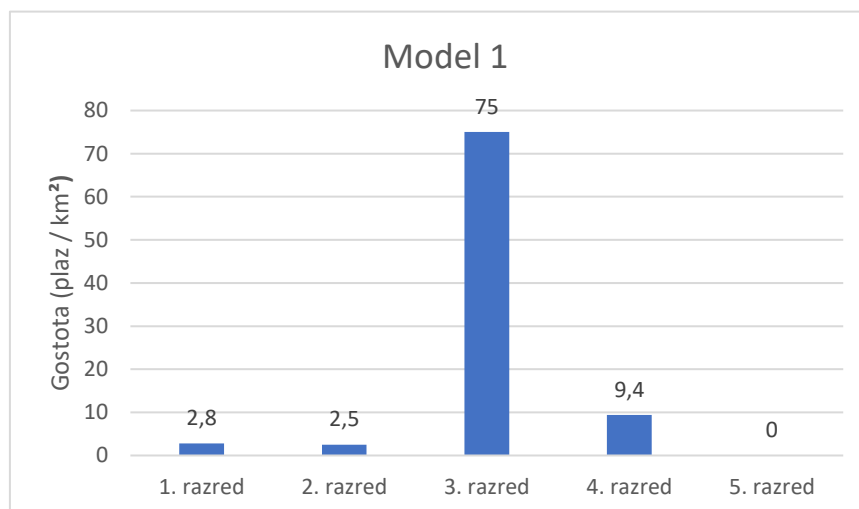
Slika 51: Na karti označeno območje sprožitve plazu, kjer se je merilo povprečje verjetnostnega rasterja (Avtor: Miha Bogataj)



Slika 52: Na karti 3. modela plazovitosti označeno območje plazu (svetlejša barva pomeni večjo erozijsko ogroženost) (Avtor: Miha Bogataj)

1. Model z enakovrednim poudarjanjem

Najvišja vrednost, ki jo model doseže je 3,7. Po tem modelu (zemljevid 21) je najbolj plazovit jugozahodni del občine, hribovje z malimi povirji ob Nevljici in območje v dolini Kamniške Bistrice. Model je na raziskovalnem območju določil največjo gostoto sprožanja plazov v 3. in 4. razredu (5. razreda z vrednostmi od 4,0 – 5,0 ne zajame), ker gre za model z enakovrednim poudarjanjem.

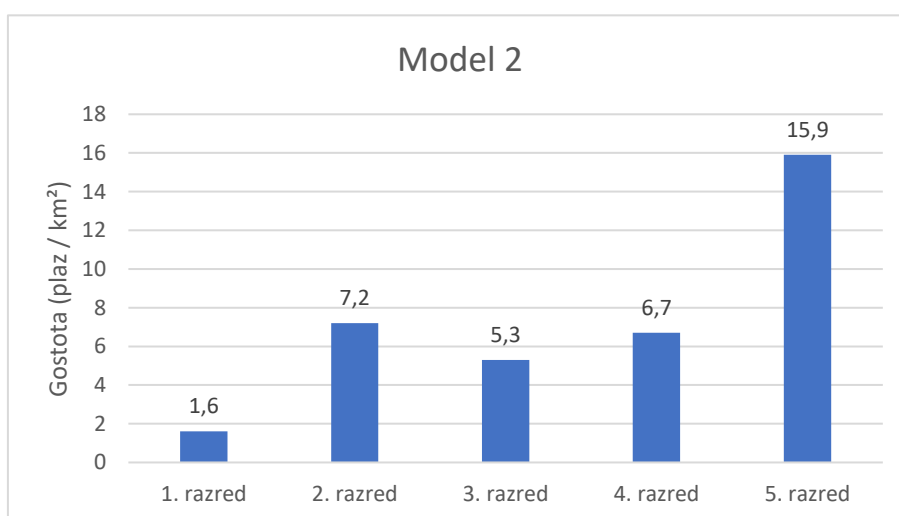


Graf 5: Gostota plazov po posameznem razredu plazovitosti za model 1 (Avtor: Miha Bogataj)

2. Model s poudarjeno litologijo

Tudi pri tem modelu (zemljevid 22) opazimo, da je plazovitost največja v dolini Bistrice, Nevljice in na jugozahodu občine. Zaradi manj natančnih podatkov o litologiji, so meje med posameznimi razredi plazovitosti na karti bolj vidne.

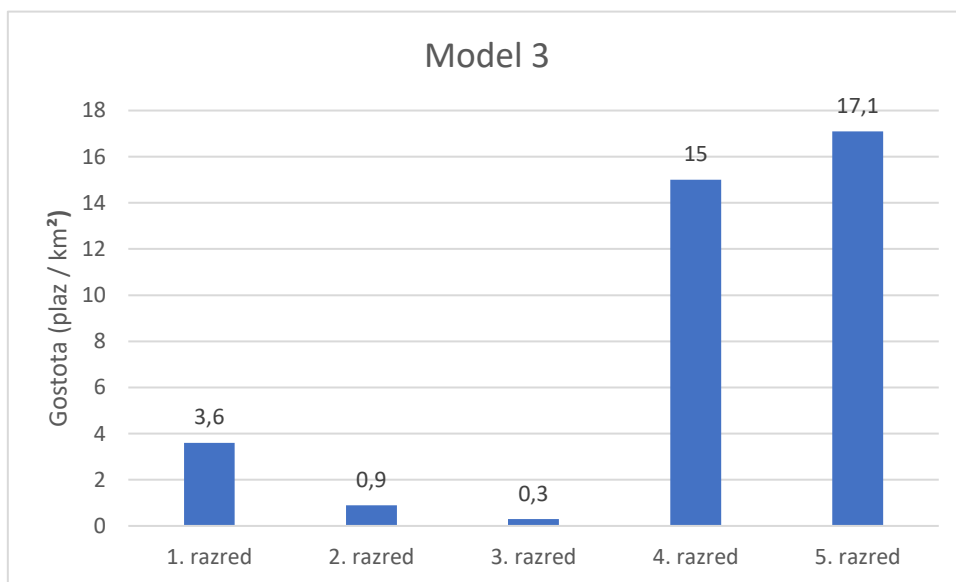
Model pravilno določi višek plazovitosti v 5. razredu.



Graf 6: Gostota plazov po posameznem razredu plazovitosti za model 3 (Avtor: Miha Bogataj)

3. Model s poudarjenim naklonom

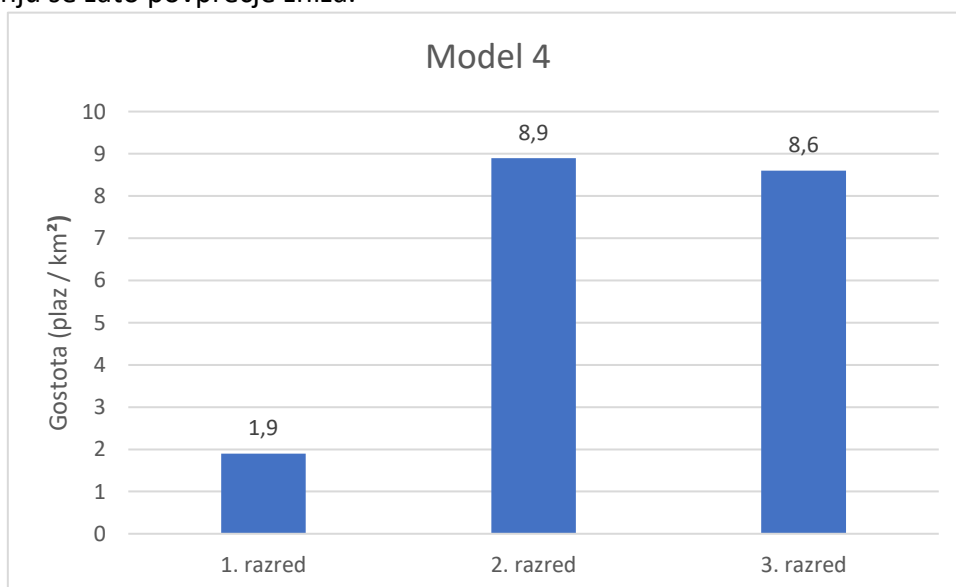
Model (zemljevid 23) uporablja natančnejše podatke o reliefu. Najmanj plazovita so območja v spodnjem toku Kamniške Bistrice ter gorski predeli, najbolj pa jugozahodni del občine in hribovja na vzhodu. Model je pravilno predvidel višek plazovitosti v 4. in 5. razredu. Povišana vrednost v prvem razredu, se pojavi zaradi napake v modelu, ki zaradi preveč natančnih podatkov reliefa vse vrednosti naklona višje od 32° šteje pod 1. razred.



Graf 7: Gostota plazov po posameznem razredu plazovitosti za model 3 (Avtor: Miha Bogataj)

4. Model s poudarjeno gozdnatostjo

Iz karte modela (zemljevid 24) so razvidni podobni rezultati, najbolj plazovitima območjema na jugozahodnem delu občine in ob Nevljici. Plazovito je tudi območje ob Kamniški Bistrici. Model je pravilno napovedal višek plazovitosti v 2. in 3. razredu (najvišja vrednost je 2,6). Višjih vrednosti model ne predvidi, saj ima gozdnatost uteži le 0 in 1. Zaradi seštevanja vrednosti pri ponderianju se zato povprečje zniža.

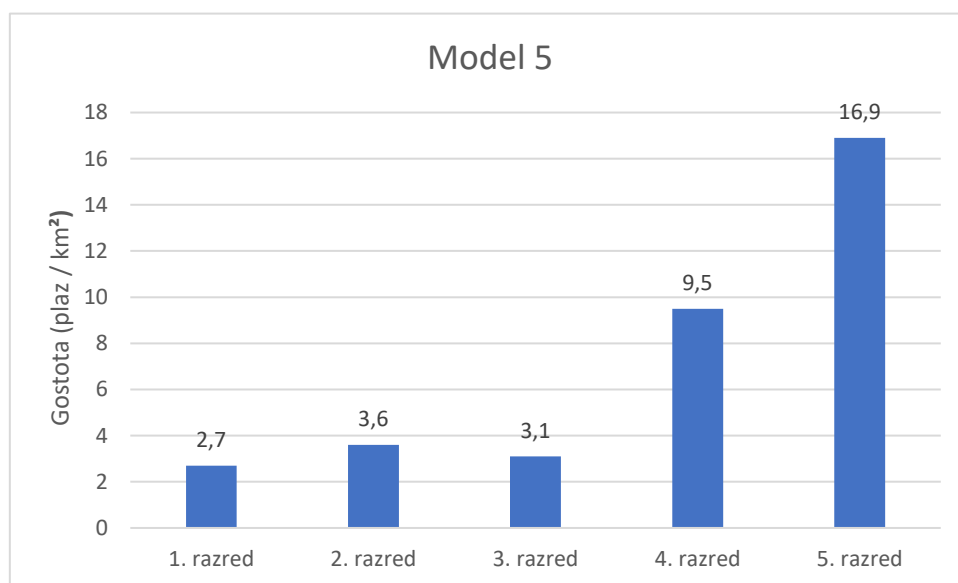


Graf 8: Gostota plazov po posameznem razredu plazovitosti za model 4 (Avtor: Miha Bogataj)

5. Model plazovitosti z uravnoteženim vrednotenjem

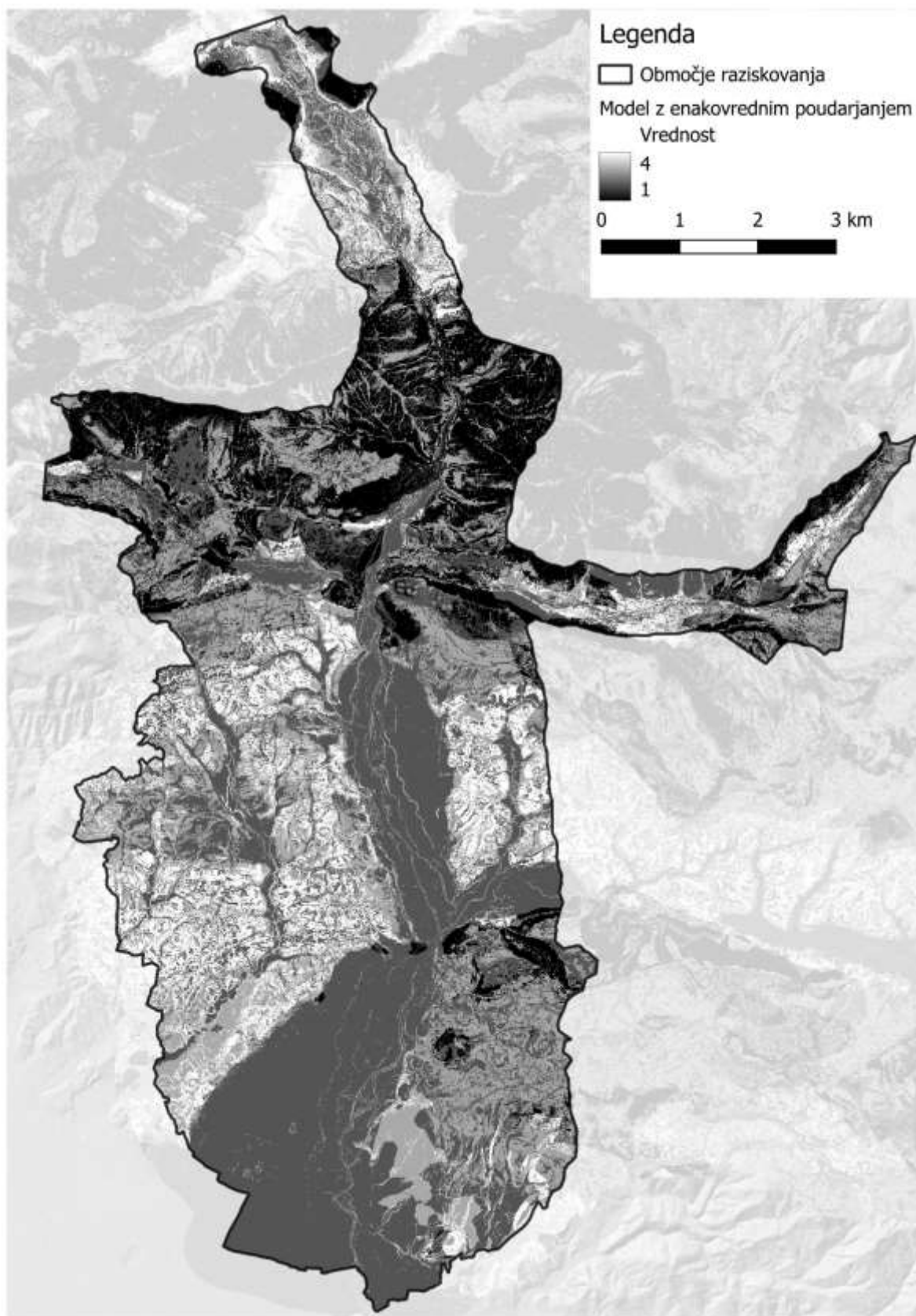
Ta model (zemljevid 25) naj bi bil najbolj popoln zaradi uravnotežene obravnave vsakega izmed dejavnikov. Območja plazovitosti pokaže podobno kot ostali, z največjo gostoto v dolini Nevljice, Kamniške Bistrice in na jugozahodu občine.

Model je najbolj zanesljivo predvidel gostoto pojavljanja plazov po razredih. Z grafa se razbere približno naraščanje gostote plazov po razredih, s pravilno napovedanim viškom v 5. razredu in nižkom v 1. razredu. Od vseh modelov se ta še najbolj približa linearnemu naraščanju gostote po razredih.

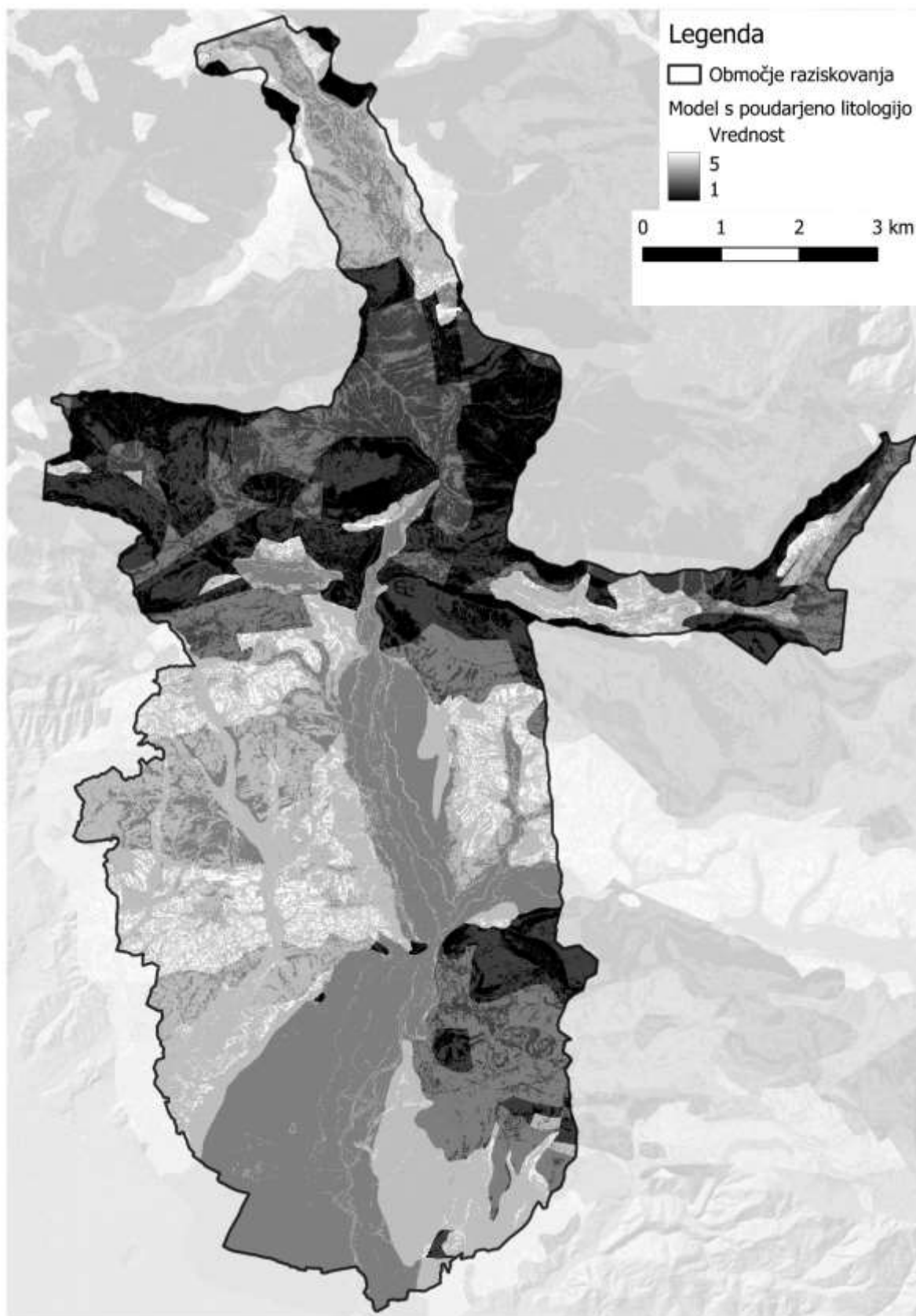


Graf 9: Gostota plazov po posameznem razredu plazovitosti za model 5 (Avtor: Miha Bogataj)

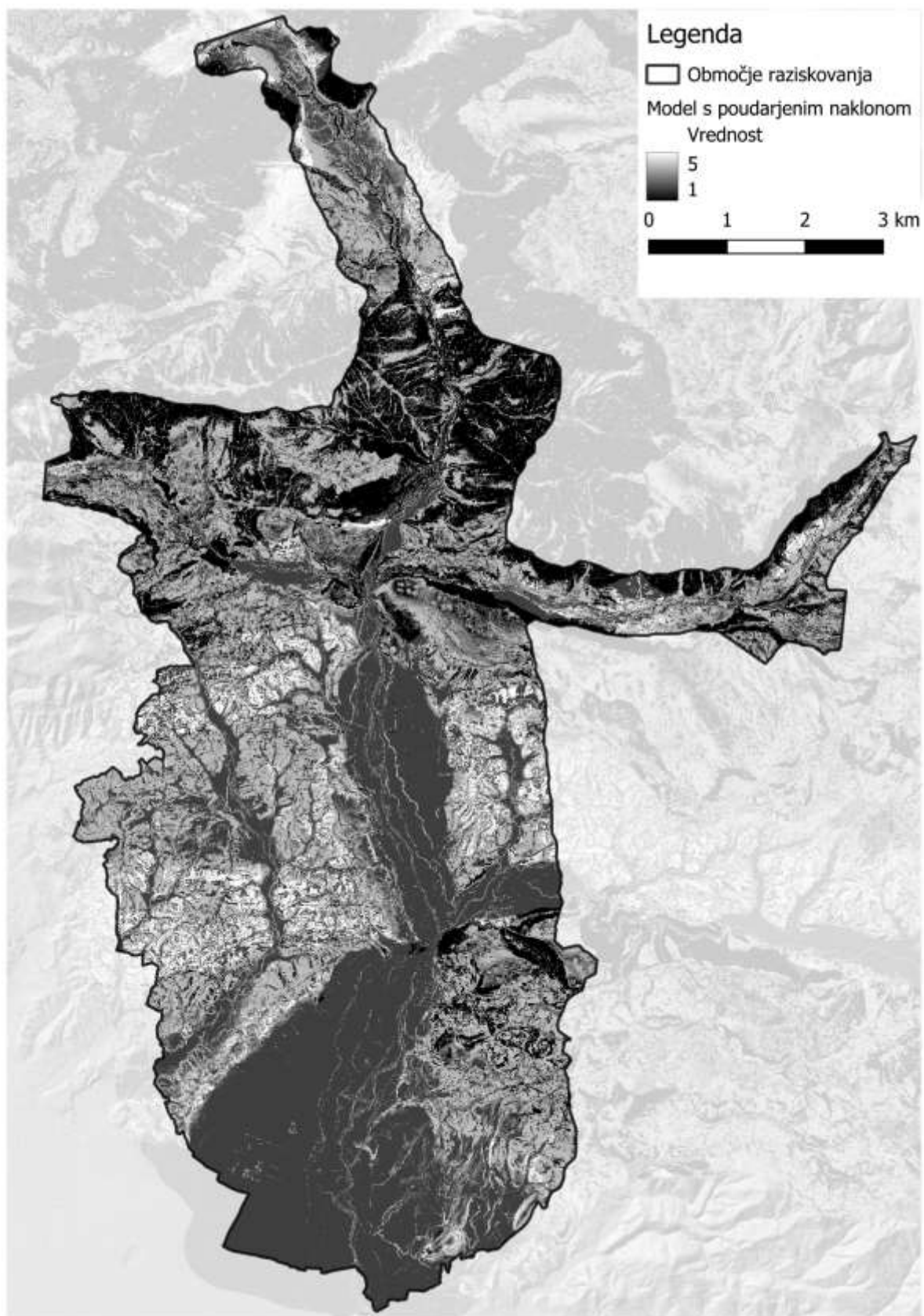
Potrebno je opozoriti, da noben model v popolnosti ne odraža dejanskega stanja v naravi, saj je pri njihovi izdelavi nemogoče upoštevati vse dejavnike, ki vplivajo na končno podobo. Prav tako je nemogoče z modelom predvideti spremembe lokalnih razmer, simulira le razmere v naravi. Modeli niso dokončna razlaga procesov in stanja v naravi, temveč pripomoček za lažje razumevanje le teh. Koristni so predvsem kot osnova prihodnjemu terenskemu delu in izbiri namembnosti zemljišč.



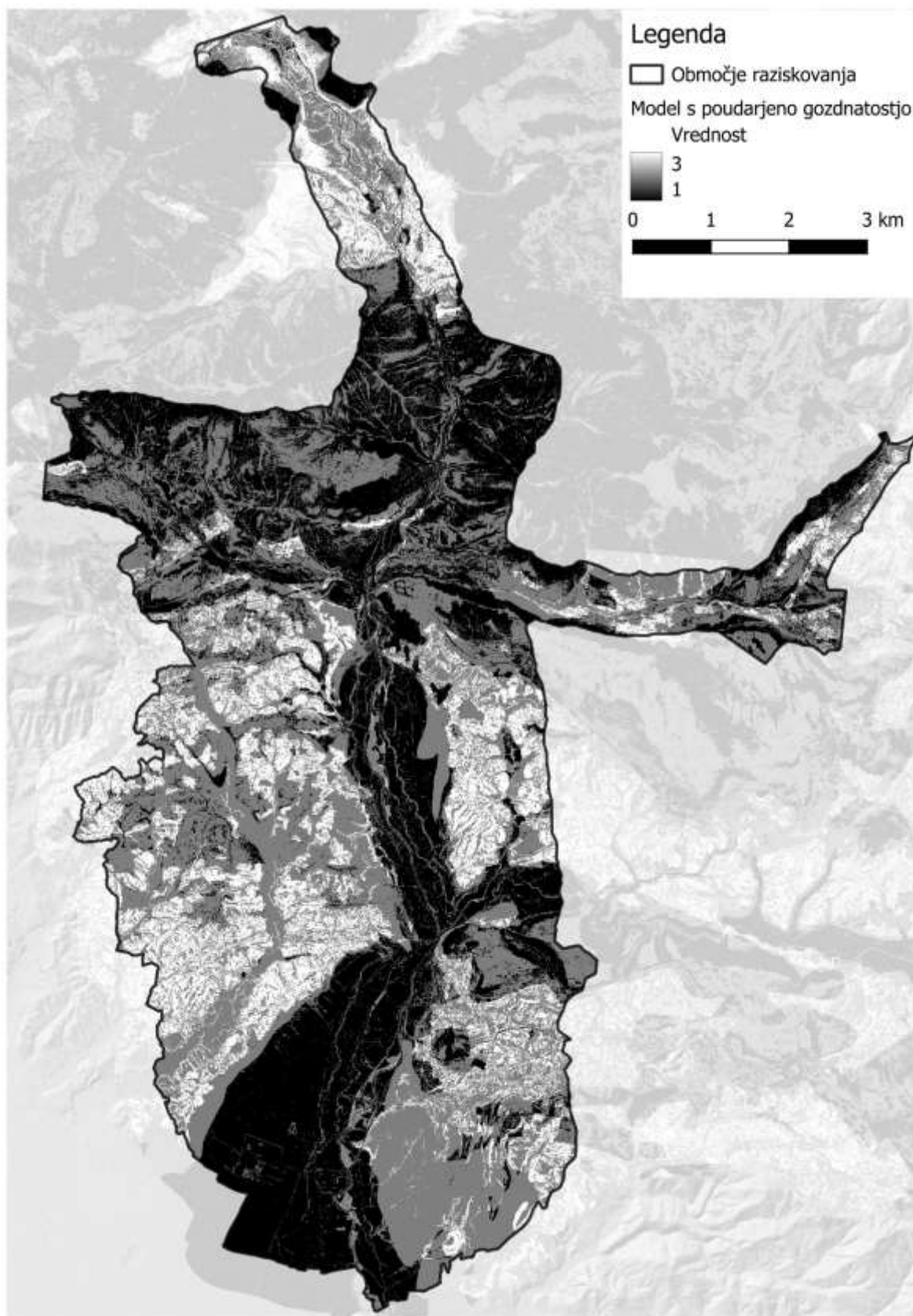
Zemljevid 21: Model z enakovrednim poudarjanjem (Avtor: Miha Bogataj)



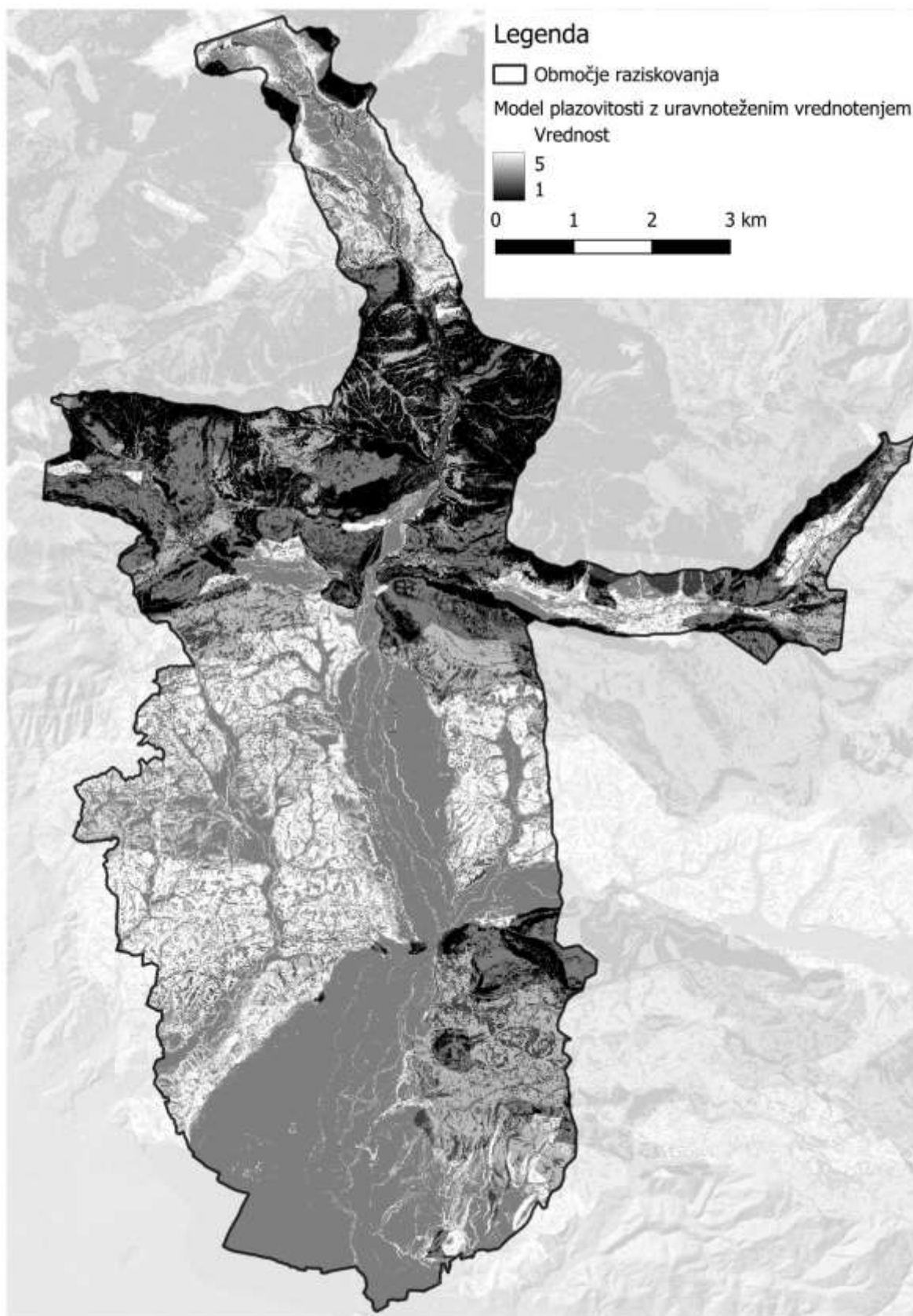
Zemljevid 22: Model s poudarjeno litologijo (Avtor: Miha Bogataj)



Zemljevid 23: Model s poudarjenim naklonom (Avtor: Miha Bogataj)



Zemljevid 24: Model s poudarjeno gozdnatostjo (Avtor: Miha Bogataj)



Zemljevid 25: Model plazovitosti z uravnoteženim vrednotenjem (Avtor: Miha Bogataj)

9 Ugotovitve

Hipoteza 1: **Poplave so presegle v preteklosti že poplavna območja.**

Hipotezo lahko **potrdimo**.

Glede na primerjavo podatkov iz karte poplavne ogroženosti PISO in naše karte poplavljenih območij smo ugotovili, da je Kamniška Bistrica poplavljala tudi območja, ki niso bila označena na karti PISO. Potrjujemo, da gre na nekaterih območjih za 500-letne poplave.

Hipoteza 2: **Struga Kamniške Bistrice se je po ujmi 4. 8. 2023 razširila za vsaj 5%.**

Hipotezo lahko **potrdimo**.

Na podlagi izračunov smo ugotovili, da se je struga Kamniške Bistrice v kamniški občini razširila za 13 %. Najbolj intenzivne spremembe na strugi so nastale v spodnjem toku (Šmarca, Nožice) in v zgornjem toku, kjer so reko s prodrom intenzivno zasovali gorski hudourniki.

Hipoteza 3: **V kamniški občini uporabljajo bolj ali manj učinkovite sanacijske ali preventivne ukrepe.**

Hipotezo lahko **delno potrdimo**.

Po preteklih poplavah je občina izvajala sanacijske ukrepe in preventivne ukrepe za prihodnje poplave, ki se v ujmi 4. 8. 2023 niso obnesli. V nekaterih delih Kamniške Bistrice so nekateri lastniki sami zavarovali lastna ozemlja in s tem neustrezno posegali v varnostne nasipe ter s tem dejanjem povzročili poplavljanja na drugih območjih.

Hipoteza 4: **Modeli plazovitosti v Občini Kamnik iz raziskovalne naloge leta 2016 so pravilni.**

Hipotezo lahko **potrdimo**.

Vsi modeli plazovitosti so pokazali jasen trend večanja gostote na novo nastalih plazov v območjih z višjo stopnjo plazovitosti. Najbolj se je pri tem izkazal model plazovitosti z uravnoteženim vrednotenjem (uteži: 0,45 litologija + 0,45 naklon + 0,10 gozd = 1), ki je še najbolj napovedal število plazov po posameznih razredih.

Hipoteza 5: **Število plazov v bazi civilne zaščite se ne ujema z dejanskimi podatki.**

Hipotezo lahko **potrdimo**.

V bazi Civilne zaščite Kamnik je potrjenih 174 plazov, medtem ko smo jih mi s pomočjo programa GIS in lidarskih posnetkov ugotovili, da se jih je sprožilo kar 461. Prihaja do razkoraka med našimi podatki in podatki Civilne zaščite.

Hipoteza 6: **Možnost pojava ujm velikih razsežnosti se iz leto v leto povečuje.**

Hipotezo lahko **potrdimo**.

Glede na podatke iz prejšnjih let opazamo, da so naravne katastrofe vse bolj pogoste. To lahko povežemo z globalnim segrevanjem ozračja in morja, saj so vremenske razmere zaradi večje količine energije vedno bolj nestabilne. Tako bi morali tudi v prihodnosti pričakovati obsežne poplave in plazove, na katere se moramo pripraviti z različnimi ukrepi in natančnim napovedovanjem dogodkov ter obveščanjem prebivalstva.

10 Zaključek

Ujma 4. 8. 2023 je bila katastrofalen dogodek, ki je pretresel Slovenijo. Med njimi na žalost tudi zahodni del občine Kamnik, s poplavami ob reki Kamniški Bistrici, s spremembo njene struge ter več kot 450 sproženimi plazovi. Plazovi in poplave so ogrožali hiše, prebivalce in cestno infrastrukturo.

Posledice te ujme predstavljajo laboratorij za geografsko raziskovanje, katerega del predstavlja ta raziskovalna naloga.

Velik vpliv na potek poplav avgusta 2023 so že imele vremenske razmere julija 2023, saj so bila tla zaradi neurji že predhodno zelo namočena. Pomembno vlogo je imel tudi vetrolom, saj se je vejevje in podrto drevje nahajalo v bližini struge Kamniške Bistrice. To je omejilo tok reke, ki se je posledično še bolj razlivala. V bodoče bo potrebno za informiranje prebivalcev in predvidevanje poplav in plazov slediti takemu prehodnemu vremenskemu stanju.

Naravna katastrofa ni imela samo vpliva na spremembo reliefa v bližini Kamniške Bistrice, temveč je imela velik vpliv tudi na prebivalce in živali. Po poročanju lokalnih prebivalcev so po ujmi živali skoraj popolnoma izginile npr. veverice, veliko jih je poginilo. Veliko ljudi pa je padlo v duševne stiske zaradi travmatične narave dogodka in škode, ki so jo utrpeli.

Čeprav je bil 4. 8. 2023 katastrofalen in celo usoden za nekatere prebivalce, se lahko iz dogodka veliko naučimo. V prihodnosti predlagamo bolj natančno spremljanje dejavnikov, ki lahko povzročijo ujmo večjih razsežnosti, tudi spremljanje raznih samovoljnih posegov posameznikov, ki so s svojim delovanjem vplivali na potek poplav, boljše obveščanje prebivalcev in zavarovanje objektov in drugega imetja.

Poplave so naraven pojav, ki bo še prisoten. Nove objekte je potrebno narediti strokovno (npr. kam in kako postaviti nov most), potrebno je odstranjevati podrto drevje, urejati struge, delovati preventivno (npr. odstranitev avtomobilov, kam postavimo hlodovino in bale), utrditi brežine.

Posvetiti se je potrebno tudi z drevjem v hudourniških grapah, ki so ob velikem deževju zelo nepredvidljive.

Dokazali smo, da se je model plazovitosti iz raziskovalne naloge leta 2016 izkazal za učinkovitega, saj so dokaj natančno označena območja glede na možnost sproženja plazov. Koristno bi bilo narediti in uveljaviti še več takih modelov, saj bi z njimi lažje določili območja, ki so plazovno ogrožena in s tem urejali rabo teh območij. Zaradi številčnosti plazov je pomembna njihova sanacija, še posebej tistih, ki ogrožajo stavbe in življenja.

Prebivalci, ki živijo v hišah grajenih na poplavnih območjih morajo računati na ponovne poplave in sanirati svoje stavbe in zemljišča tako, da bo učinek teh poplav čim nižji. Predlagamo, da na poplavljenih in plazovitih območjih ne nastajajo novogradnje. Predlagamo tudi gradnjo kakovostnih zaščitnih objektov, predvsem nasipov, saj zaradi poselitev ob reki ni mogoče zagotoviti razlivnih območij, ki naj vključujejo stroko in ne »samo gradbena podjetja«.

»Raznih strokovnjakov« je po ujmi veliko, vendar naj o učinkovitih posegih odločajo pravi strokovnjaki, tudi geografi, skupaj s sodelovanjem občin.

Tudi voda potrebuje prostor, tako kot ceste, železnice,...

11 Viri in literatura

1. Grčar R. (1991). Tudi kamniška občina je plačala naravi visok davek. *Ujma : revija za vprašanja varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami*, št. 5, str. 135. Ljubljana, Ministrstvo za obrambo, Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje.
2. Hustel Majcen M., Zupan M. idr. (1991). Vpliv poplav na tla in vegetacijo v porečju Kamniške Bistrice, Savinje in Save. *Ujma : revija za vprašanja varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami*, št. 5, str. 102-110. Ljubljana, Ministrstvo za obrambo, Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje
3. Klobčar, M. (2015). Pozabljeni Kamnik in njegovo jezero. *Studia mythologica Slavica, številka 18, str. 81-109*. Ljubljana : Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Inštitut za slovensko narodopisje.
4. Komac, B., & Zorn, M. (2005). Modeliranje naravnih procesov na primeru zemeljskih plazov. *Dela*, 28, 75-90.
5. Medmrežje 1: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgltclfindmkaj/http://hmljn.arso.gov.si/o%20agenciji/knji%C5%BEnica/mese%C4%8Dni%20bilten/NASE%20OKOLJE%20-%20%20julij%202023.pdf (Citirano: 23. 11. 2023).
6. Medmrežje 2: https://climatereanalyzer.org/research_tools/monthly_maps/ (Citirano: 17. 12. 2023).
7. Medmrežje 3: <https://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/current/last-12-months/archive/> (Citirano: 15. 1. 2024).
8. Medmrežje 4: https://www.meteo.si/met/sl/climate/current/climate_year/ (Citirano: 23. 11. 2023).
9. Medmrežje 5: https://charts.ecmwf.int/products/w_sst?area=Europe&base_time=202403290000&level=sst%20anomaly&valid_time=202403290000 (Citirano: 15. 1. 2024).
10. Medmrežje 6: https://demokracija.si/slovenija/vetrolom-povzrocil-veliko-skodo-v-gozdu-skoda-znasa-ze-450-000-kubicnih-metrov/#goog_rewarded (Citirano: 15. 1. 2024).
11. Medmrežje 7: <https://www.gozd-les.com/novice/2023/neurja-so-do-19-julija-podrla-vec-kot-350000-m3-drevja> (Citirano: 8. 1. 2024).
12. Medmrežje 8: <https://www.kamnik.si/objava/816713> (Citirano: 7. 2. 2024).
13. Medmrežje 9: <https://www.kamnik.si/post/794428> (Citirano: 7. 2. 2024).
14. Medmrežje 10: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kambistrica_kamnik_hidrogram.jpg (Citirano: 17. 12. 2023).
15. Medmrežje 11: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgltclfindmkaj/https://giam.zrc-sazu.si/sites/default/files/9789612540913.pdf (Citirano: 18. 12. 2023).
16. Medmrežje 12: <https://www.24ur.com/novice/slovenija/nelegalno-postavil-nasip-zato-je-bilo-ogrozenih-700-his-posredovati-je-morala-policija.html> (Citirano: 18. 12. 2023).

17. Medmrežje 13: https://www.zelena-os.si/odtocni_rezim_poplave.html (Citirano: 23. 11. 2023).
18. Medmrežje 14: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/weather_events/padavine_3-6avg2023-preliminarno.pdf (Citirano: 23. 11. 2023).
19. Medmrežje 15: <https://www.gzribnica.si/2023/08/04/aktiviran-drzavni-nacrt-zascite-in-resevanja-ob-poplavax/> (Citirano: 23. 11. 2023).
20. Medmrežje 16: ZEMELJSKI PLAZOVI VRSTE IN OPIS, Mišo Ribičič (Citirano: 17. 12. 2023).
21. Medmrežje 17: <https://web.archive.org/web/20160304204742/http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2008/065.pdf> (Citirano: 18. 12. 2023).
22. Medmrežje 18: <https://video.arnes.si/watch/0wvqdz5rnm28> (Citirano: 17. 12. 2023).
23. Medmrežje 19: <https://www.kamnik.si/objava/816713> (Citirano: 15. 1. 2024).
24. Medmrežje 20: <https://www.gov.si/novice/2023-08-04-dnevni-informativni-bilten-centra-za-obvescanje-republike-slovenije/> (Citirano: 17. 12. 2023).
25. Medmrežje 21: <https://metlika.si/objava/800747> (Citirano: 15. 1. 2024).
26. Medmrežje 22: https://www.facebook.com/p/PGD-%C5%A0marca-100066464305590/?locale=sl_SI&paipv=0&eav=AfYET1D9AK8JsQ7pFv5bnxuVUKIJSIIG6bvFntc6E42aWN-5_0bRMdZW2LS7UrYxM84&_rdr (Citirano: 7. 3. 2024).
27. Medmrežje 23: <https://www.geoprostor.net/piso/ewmap.asp?obcina=kamnik> (Citirano: 11. 3. 2024).
28. Medmrežje 24: <https://www.youtube.com/watch?v=8MQUDxKEtVg> (Citirano: 15. 1. 2024).
29. Medmrežje 25: <https://nova24tv.si/wp-content/uploads/2023/08/kamnik.jpg> (Citirano: 15. 1. 2024).
30. Medmrežje 26: <https://www.gov.si teme/nacrt-zmanjsevanja-poplavne-ogrozenosti/> (Citirano: 17. 3. 2024).
31. Medmrežje 27: <https://www.gore-ljudje.si/arhiv/cloveske-zrtve-v-kamniskem-srezu> (Citirano: 17. 3. 2024).
32. Medmrežje 28: <https://n1info.si/novice/slovenija/posteno-bi-si-morali-povedati-kaj-se-nam-dogaja-z-vodami/> (Citirano: 8. 3. 2024).
33. Medmrežje 29: <https://www.24ur.com/novice/dejstva/po-avgustovskih-poplavax-bagre-smo-prehitro-spustili-v-reke.html> (Citirano: 11. 3. 2024).
34. Medmrežje 30: Dušan Mali, Kamnik.info <https://www.kamnik.info/porocilo-in-video-o-dogajanju-na-plazu-blate-v-dolini-bistrice/> (Citirano: 8. 1. 2024).
35. Medmrežje 31: <https://www.gozd-les.com/upravljanje-gozdov/tezave-gozdom/ujme/vetrolom> (Citirano: 8. 1. 2024).
36. Medmrežje 32: <https://www.gov.si/assets/vlada/Seja-vlade-SZI/2023/10-2023/SSEUp2.pdf> (Citirano: 23. 11. 2023).

37. Medmrežje 33: [https://sl.wikipedia.org/wiki/Kamni%C5%A1ka_Bistrica_\(reka\)](https://sl.wikipedia.org/wiki/Kamni%C5%A1ka_Bistrica_(reka)) (Citirano: 17. 12. 2023).
38. Medmrežje 34: [https://sl.wikipedia.org/wiki/Poplave_v_Sloveniji_\(2023\)](https://sl.wikipedia.org/wiki/Poplave_v_Sloveniji_(2023)) (Citirano: 23. 11. 2023).
39. Medmrežje 35: <https://www.dnevnik.si/tag/Nasip%20%C5%A0marca#2> (Citirano: 2. 3. 2024).
40. Medmrežje 36: <https://old.slovenskenovice.si/novice/slovenija/na-pomoc-klicali-policijo-zaradi-nelegalnega-nasipa-ogrozenih-700-his> (Citirano: 2. 3. 2024).
41. Medmrežje 37: <https://www.dnevnik.si/1042782368> (Citirano: 7. 3. 2024).
42. Medmrežje 38: <https://portal-os.si/v-kamniku-se-vedno-poteka-evakuacija-ljudi-s-helikopterjem/> (Citirano: 7. 3. 2024).
43. Medmrežje 39: <https://www.google.si/maps/@46.2751153,14.5669705,11z?hl=sl&entry=ttu> (Citirano: 7. 3. 2024).
44. Medmrežje 40: <https://www.slovenskenovice.si/novice/obnavljamo-slovenijo/preseneceni-boste-ko-boste-izvedeli-kaj-so-dobili-na-kosarkarskem-igriscu/> (Citirano: 2. 3. 2024).
45. Medmrežje 41:
https://www.google.com/maps/@46.2653722,14.6733604,3a,60y,7.96h,92.18t/data=!3m6!1e1!3m4!1sMfSD7zsSAi_dNXy8QMBYbA!2e0!7i16384!8i8192?entry=ttu (Citirano: 7. 3. 2024).
46. Medmrežje 42: <https://www.gorenjskiglas.si/article/20240402/C/240409959/1029/stekla-sanacija-plazu-v-kosisah> (Citirano: 2. 3. 2024).
47. Ogrin D., Bobovnik N. idr. (2018). Kamniška Bistrica - geografska podoba gorske doline. Ljubljana, Znanstvena založba Filozofske fakultete.
48. Pavšek M. (2023). Vode ni, voda je, vode je preveč. Modre novice, št. 5, str. 135. Kamnik.
49. Tonin G., idr. (2016). Zemeljski plazovi v Kamniški občini. Raziskovalna naloga. GSŠRM, Kamnik.